

**Федеральное агентство научных организаций  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии  
и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук**

**Форма 1**

**Сведения о результатах по направлениям исследований в рамках Программы фундаментальных научных исследований  
государственных академией наук на 2013-2020 годы, в 2016 году  
(в части Российской академии наук)**

<p align="center"><b>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе фундаментальных научных исследований)</b></p>	<p align="center"><b>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</b></p>
<p align="center"><b>НАУКИ О ЗЕМЛЕ</b></p>	
<p align="center"><b>ВАЖНЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ</b></p>	
<p align="center"><b>Направление «геохимия»</b></p>	
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли. Космохимия планет и других тел Солнечной системы. Возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов. .</p>	<p><b>Разработана теория, объясняющая причины и этапность развития событий, предопределивших эволюцию биосферы и климата. Показано, что история биосферы, включая историю оледенений, а также накопления масс органического углерода, связана с конфликтом между ролью CO<sub>2</sub>, как газа, определявшего тепловой режим планеты, и ролью CO<sub>2</sub>, как исходного вещества в созидании биоты.</b> Солнечная радиация не обеспечивает на поверхности Земли температуру выше температуры замерзания воды. Поддержание положительных температур связано с содержанием в составе атмосферы парниковых газов, к числу которых относятся CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и некоторые другие. Причины и время наступления оледенений: а именно, мощное Гуронское оледенение 2,4 – 2,2 млрд. лет тому назад, сменившееся длительной паузой в истории оледенений, занявшей почти 1.5 миллиарда лет, а затем, начиная с позднего протерозоя, череда обледенений, следовавших с интервалом 80 – 100 млн. лет, и новое изменение режима оледенений 300 млн. лет назад, - считаются одной из загадок истории биосферы палеоклиматологии. Разработана теория, объясняющая причины и этапность развития событий, предопределивших эволюцию биосферы и климата. Жизнь зародилась в условиях преобладания первичного метана в атмосфере. В архее метан, но уже биогенный метан, продолжал исполнять роль основного парникового газа. Выход молекулярного кислорода в атмосферу 2.4 млрд. лет назад привел к срыву установившегося механизма компенсации низкой светимости Солнца. Метан перестал играть эту роль, а двуокись углерода не достигла содержания, обеспечивающего эту роль. Наступило глобальное Гуронское оледенение, продолжавшееся около 200 миллионов лет. Однако нарастающее содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере в конечном счете достигло уровня, достаточного для компенсации низкой светимости Солнца. Период оледенения завершился. Но теперь</p>

	<p>возник конфликт между ролью CO<sub>2</sub>, как газа, определявшего тепловой режим планеты, и ролью CO<sub>2</sub>, как исходного вещества в созидании биоты. До тех пор пока ресурс углерода биоты уступал ресурсу атмосферной CO<sub>2</sub>, процессы спорадического увеличения биопродукции не вели к такому оттоку атмосферной CO<sub>2</sub>, который бы основательно сказывался на тепловом режиме. Отсюда длительная стабильность климата в течение 1.5 млрд. лет. К рубежу 0.8 млрд. лет ресурс биоты в океане достиг величины, при которой колебания в потреблении атмосферной CO<sub>2</sub> связанные с колебаниями в производстве органического и карбонатного углерода, стали сопоставимы с ресурсом CO<sub>2</sub> в атмосфере. С этого момента устанавливается колеблющееся равновесие между интенсивностью развития биоты и содержанием CO<sub>2</sub> в атмосфере, определяющем климат. Чередуются периоды оледенения и теплого климата. Триггером этих перемен выступают разные геологические события: интенсификация или ослабление вулканизма, рост, распад или миграция континентов, крупномасштабный магматизм и т.п. Новое соотношение между CO<sub>2</sub> атмосферы и углеродом биоты установилось приблизительно 300 млн. лет назад в связи с распространением биоты на сушу и появлением на суше массивного буфера органического углерода.</p> <p><i>Галимов Э.М.</i> Изотопные вехи в истории биосферы. Роль низкой светимости Солнца. Тезисы докладов. XXI Симпозиум по геохимии изотопов, 15 – 17 ноября 2016, стр. 17 – 20.</p> <p><i>Галимов Э.М.</i> Роль низкой светимости Солнца в истории биосферы. <i>Геохимия</i> (в печати). (ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии углерода, зав. лабораторией академик Э.М. Галимов)</p>
<p>125 (67). Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем. 129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p><b>На основе изучения включений расплава и шпинели в магнезиальных оливинах установлены повышенные содержания H<sub>2</sub>O (до 0.7 вес%) в первичных расплавах коматиитов пояса Абитиби (возраст 2.7 млрд.л.), Канада. Содержания H<sub>2</sub>O в первичном расплаве более чем в 20 раз превышают концентрации элементов сходной несовместимости с кристаллами (например В, La и Се), но не могут быть объяснены надсубдукционным происхождением (рис 1). Показано, что исследованные коматииты вероятно образовались в глубинной мантийной струе с потенциальной температурой 1725±50°C. Обосновано предположение о том, что H<sub>2</sub>O в мантийном источнике коматиитов была захвачена из промежуточной мантийной зоны (660-410 км, рис 2) и, таким образом, получены первые доказательства о наличии гидратированного глубинного слоя на Земле Архейского возраста. Sobolev A.V. et al., (2016). Komatiites reveal an Archean hydrous deep-mantle reservoir. Nature 531 (7596), 628-632.</b></p> <p>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии магматических и метаморфических пород, зав. лаб. академик А.В. Соболев)</p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p><b>Экспериментально с использованием алмазных наковален с лазерным нагревом было доказано существование железосодержащего бриджманита и обоснована его стабильность во всем диапазоне глубин нижней мантии Земли. Построена фазовая P–T диаграмма, иллюстрирующая области стабильности скиагитового граната, оксидов (стишовита и Fe<sub>4</sub>O<sub>5</sub>) и железистого бриджманита в мантии Земли.</b></p> <p>При изучении верхней (по давлению) границы стабильности скиагитового граната и возможности появления высокожелезистых постгранатовых фаз в мантии Земли с использованием алмазных наковален с лазерным нагревом было впервые доказано существование железосодержащего бриджманита (со структурой перовскита) и обоснована его стабильность во всем диапазоне глубин нижней мантии Земли.</p>

	<p>Установлено, что поле стабильности железистого бриджманита отделяется от поля скиагита довольно широкой областью ассоциаций оксидов железа (<math>\text{FeO}</math>, <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>, <math>\text{Fe}_4\text{O}_5</math>) и стишовита в диапазоне давлений от 14 до ~45 ГПа (рис. 1). Показано, что железистый бриджманит стабилизируется присутствием трехвалентного железа (изученный кристалл отвечает составу <math>(\text{Fe}^{2+}_{0.64(2)}\text{Fe}^{3+}_{0.24(2)})\text{Si}_{1.00(3)}\text{O}_3</math>) и, по сравнению с бриджманитами другого состава, имеет аномально низкую сжимаемость. Этот уникальный эффект может быть использован для интерпретации латеральных сейсмических неоднородностей в нижней мантии Земли. Экспериментально показано, что для железосодержащего бриджманита скорости звуковых волн на 2% ниже, чем в магнезиальном бриджманите, что особенно важно для объяснения данных сейсмической томографии. Кроме того, было установлено, что для железистого бриджманита, синтезированного в условиях нижней мантии, характерно значительное количество структурных дефектов, которые не характерны для таких высоких давлений. Установленные различия в свойствах железистого и магнезиального бриджманитов указывают на значительную «гибкость» структуры и состава этой нижнемантийной фазы, что может быть использовано для интерпретации целого ряда геохимических и геофизических наблюдений. (Исмаилова Л.С., Бобров А.В., <i>лаб. геохимии мантии Земли совместно с кафедрой петрологии геологического фак-та МГУ и Баварским Геоинститутом, ФРГ</i>). (ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии мантии Земли, руководитель д.г.-м.н. О.А. Луканин)</p>
<p>137 (79). Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.</p>	<p><b>Решена одна из задач современной экологии – дана оценка влияния выбросов кислотообразующих газов на воды суши и водные экосистемы. Дается анализ методов и критериев оценки закисления вод, результатов исследования по проблеме в различных странах мира, включая Россию. Показаны тенденции исторического развития процесса и восстановления качества вод при снижении уровня атмосферного загрязнения окислами серы и азота. доказано развитие процессов закисления вод на территории Европейской части России и Западной Сибири. Раскрывается взаимосвязь природных факторов с поступающими на водосбор техногенными кислотами при развитии процесса и в период снижения поступления кислот. Получены новые данные о сопряженном поведении элементов химического состава вод (гумусовые кислоты, тяжелые металлы) в закисленной среде. Разработаны прогнозные сценарии изменения химизма вод при снижении и(или) повышении нагрузок. Проведен анализ изменения физиологических функций организмов рыб в закисленной среде и структурно-функциональной организации водных экосистем. Разработаны алгоритмы расчетов критических нагрузок кислотообразующих веществ, даются оценки превышения нагрузок на Европейской территории России и в Западной Сибири.</b></p> <p>Для различных природно-климатических зон Европейской территории России, учитывая большую вариабельность содержаний сульфатов и основных катионов, для расчета критических нагрузок были получены зависимости природного содержания сульфатов от содержания катионов: зона тундры, лесотундры и северной тайги (Кольский п-ов): <math>[\text{SO}_4^*]_o = 15.3 + 0.02 [\text{BC}^*]_t</math>, <math>r = 0.71</math>, <math>p &lt; 0.001</math>; зона средней тайги (Карелия): <math>[\text{SO}_4^*]_o = 15.4 + 0.11 [\text{BC}^*]_t</math>, <math>r = 0.64</math>, <math>p &lt; 0.001</math>; зона смешанных лесов: <math>[\text{SO}_4^*]_o = 15.2 + 0.05 [\text{BC}^*]_t</math>, <math>r = 0.68</math>, <math>p &lt; 0.001</math>.</p> <p>Для Западной Сибири разработан иной алгоритм расчета, т.к. поступление хлора в воды озер определяется не только лишь поступлением его в составе морских аэрозолей, но и другими возможными природными источниками, а также более весомым антропогенным источником (загрязнением при разработке нефтяных и газовых месторождений).</p>

	<p>В случаях избыточного (не компенсируемого поступлением натрия) поступления хлора расчет естественного насыщения вод катионами принимает следующий вид: <math>BC_o = [BC]_t - F (([SO_4]_t - [SO_4]_o) + ([NO_3]_t - [NO_3]_o) + ([Cl]_t - [Cl_{Na}]))</math>, где <math>[Cl_{Na}]</math> – содержание хлора в воде, компенсируемое содержанием натрия. Зональные зависимости природного содержания сульфатов от содержания катионов также получены для вод озер ЗС: зоны тундры, лесотундры и северной тайги: <math>[SO_4]_o = 2.67 + 0.021 [BC]_t</math>, <math>r = 0.72</math>, <math>p &lt; 0.001</math>; зона средней тайги: <math>[SO_4]_o = 16.9 + 0.015 [BC]_t</math>, <math>r = 0.76</math>, <math>p &lt; 0.001</math>; зона южной тайги: <math>[SO_4]_o = 12.4 + 0.002 [BC]_t</math>, <math>r = 0.69</math>, <math>p &lt; 0.005</math>.</p> <p>Превышение критической нагрузки <math>CL_{ex}</math> рассчитывается как разница между объемом выпадения техногенных сульфатов, нитратов и значениями критических нагрузок для данного водосбора с учетом <math>BC_{dep}^*</math> в составе пылевой эмиссии: <math>CL_{ex} = CL - SO_{4\,dep}^* - NO_{3\,dep} + BC_{dep}^*</math>, где <math>SO_{4\,dep}^*</math> – выпадения техногенных сульфатов, <math>NO_{3\,dep}</math> – нитратов, <math>BC_{dep}^*</math> – катионов. Для Западной Сибири данный показатель учитывает и выпадение хлоридов, а также все параметры не корректируются на морские соли: <math>CL_{ex} = CL - SO_{4\,dep} - NO_{3\,dep} - Cl_{dep} + BC_{dep}</math>. (Моисеенко Т.И., Гашикина Н.А., Дину М.И. <i>Закисление вод: уязвимость и критические нагрузки. URSS. 2016. 393с.</i>) (ГЕОХИ РАН, Лаборатория эволюционной биогеохимии и геоэкологии, зав. лаб. чл.-корр. РАН Т.И. Моисеенко)</p>
<p>130 (72). Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы; условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых.</p>	<p><b>Генезис благороднометалльных руд щелочно-ультраосновной формации</b>  <b>Разработан новый геохимический критерий благороднометалльного оруденения крупных магматических провинций мира - Маймеча-Котуйской и др. На основе термодинамического анализа ассоциации оливин-шпинель-клинопироксен предложен новый геобарометр. Показано, что повышенная активность кислорода этих магматических систем является главной причиной высокого потенциала благородных металлов. Падение фугитивности кислорода в результате взаимодействия первичных магм сибирских базальтов с породами осадочного чехла приводит к формированию сульфидного расплава, концентрирующего никель, медь, золото и платиноиды и к образованию месторождений Норильского типа. В породах Маймеча-Котуйской провинции подобное взаимодействие отсутствует и благородные металлы находятся главным образом в форме наноразмерных металлических выделений, что является главным фактором формирования россыпных месторождений.</b></p> <p>Кислородный потенциал определяет процессы рудообразования в щелочно-ультрамафических магматических системах. С этой целью был разработан новый оксибарометр для фазовой ассоциации оливин+клинопироксен+шпинель, основанный на равновесии: <math>3CaMgSi_2O_6(Cpx) + 2Fe_3O_4(Spl) \leftrightarrow 3CaMgSiO_4(Ol) + 6FeSi_{0.5}O_2(Ol) + O_2</math>, (1)</p> <p>Установлено, что в большинстве случаев магмы, связанные с деятельностью глубинных мантийных плюмов характеризуются более высоким относительным потенциалом кислорода по сравнению с магматизмом срединных океанических хребтов. Высокий кислородный потенциал оказывает принципиальное влияние на рудоносность расплавов. В столь окислительной обстановке сера присутствует в магме не в сульфидной, а в сульфатной форме, а сульфидный расплав или, кристаллические сульфиды будут неустойчивы. В этих условиях отделение несмешивающейся сульфидной магмы, которая концентрирует платиноиды и другие благородные металлы, невозможно и, следовательно, месторождения норильского типа не формируются, благородные металлы находятся главным образом в форме</p>

	<p>наноразмерных металлических выделений, что является главным фактором формирования крупных россыпных месторождений.</p> <p>В отличие от щелочно-ультрамафических плутонов Маймеча-Котуйской провинции, первичные магмы сибирских платобазальтов обогащаются серой и снижают кислородный потенциал вследствие взаимодействия с осадочным чехлом. В результате возникают огромные массы сульфидного расплава, концентрирующего никель, медь, золото и платиноиды благодаря очень высоким коэффициентам распределения благородных металлов в восстановленном сульфидном расплаве, что привело к образованию месторождений норильского типа</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии и рудоносности щелочного магматизма, руководитель академик Л.Н. Козарко)</i></p>
<p>16 (16). Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.</p>	<p><b>Найдены следы сверхтяжёлых ядер галактических космических лучей</b></p> <p><b>Продолжены экспериментальные исследования треков галактических космических лучей (ГКЛ) в метеоритных минералах, выполняемые группой авторов ФИАН-ГЕОХИ в рамках проекта ОЛИМПИА (В.Л. Гинзбург, Н.Г. Полухина и др., 2005). Целью исследований является поиск и идентификация треков тяжелых и сверхтяжелых ядер ГКЛ в кристаллах оливина из палласитов. Важнейшими результатами эксперимента являются данные о зарядовом составе ядер ГКЛ с <math>Z &gt; 40</math> на базе более чем 11.6 тысяч обработанных треков в кристаллах оливина из палласитов Marjalahti и Eagle Station. Идентифицировано 384 ядра, заряд которых оценивается как <math>Z \geq 75</math>, включая 10 ядер, идентифицированных как актиноиды (<math>90 &lt; Z &lt; 103</math>). Три трека были интерпретированы как следы ядер с зарядами <math>113 &lt; Z &lt; 129</math>. Эти ядра могут входить в состав так называемого "острова стабильности" трансфермиевых элементов.</b></p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория космохимии, зав. лаб. кфмн В.А.Алексеев совместно с ФИАН)</i></p>
<p>125 (67). Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем.</p>	<p><b>Выявлены глобальные закономерности и региональные особенности эволюции пелагической седиментации в Мировом океане в плейстоцене. Установлено, что происходило глобальное усиление аккумуляции терригенных и кремнистых осадков и глобальное ослабление накопления пелагических глин в течение плейстоцена. Карбонатонакопление возросло в Тихом и Индийском океанах и ослабло в Атлантическом океане. Предложены природные механизмы происхождения выявленных феноменов.</b></p> <p>Для пелагиали Тихого, Индийского и Атлантического океанов были составлены литолого-фациальные карты масштаба 1:35000000 для двух возрастных срезов: эоплейстоцена (1.8-0.8 млн. лет) и неоплейстоцена (0.8-0.01 млн. лет). Они были обчислены с помощью объемного метода А.Б. Ронова с получением следующих количественных параметров: площади, занимаемой тем или иным типом осадка, его объема, массы сухого осадочного вещества (с привлечением данных по физическим свойствам донных осадков) и, наконец, массы осадочного вещества в единицу времени.</p> <p>В наиболее общем виде полученные результаты показаны на табл. 1. Ее анализ приводит к выводу о том, что происходило глобальное усиление аккумуляции терригенных и кремнистых осадков и глобальное ослабление накопления пелагических глин в течение плейстоцена. Карбонатонакопление возросло в Тихом</p>

	<p>и Индийском океанах и ослабло в Атлантическом океане. Предполагается, что описанные явления связаны, прежде всего, с проявлениями неотектонических горообразовательных движений на континентах, которые приводили к резкому усилению поставки эродировавшегося терригенного вещества, а также к увеличению ионного стока, в составе которого были питательные вещества для фотосинтеза в океанах. Дополнительную роль играли климатические изменения, особенно интенсификация континентальных оледенений в Северном и Южном полушариях.</p> <p>Вероятно, во всем Мировом океане возросла палеопродуктивность не только кремневого, но и карбонатного планктона в течение плейстоцена, однако в Атлантическом океане этот процесс столкнулся с заметно превосходившим его по силе ростом продукции холодных придонных вод (связанным с интенсификацией оледенения), растворявших пелагические карбонаты, особенно кокколитовые илы. Ослабление накопления пелагических глин обусловлено возрастающими потоками кремневого и, особенно, терригенного вещества, «отжимавшего» пелагические глины вглубь океанов и «разбавлявшего» их (М.А. Левитан, Т.А. Антонова, Т.Н. Гельви).</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии осадочных пород, зав. лаб. д.г.-м.н. М.А. Левитан)</i></p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p><b>Результаты исследования, готовые к практическому использованию:</b>  <b>На основе полученных результатов анализа геологической истории Венеры и с учетом научных задач будущей экспедиции «Венера-Д» отобраны безопасные и высоко приоритетные места посадки на поверхности планеты.</b></p> <p>Установлена крупномасштабная последовательность смены режимов эндогенной активности на Венере. Анализ составленной ранее глобальной геологической карты Венеры позволил выявить и охарактеризовать три главных режима. (1) Тектонический режим доминировал в начале видимой геологической истории Венеры. На его протяжении формировались сильно тектонизированные формы рельефа и была в основном сформирована картина длинноволновой топографии (региональные возвышенности и низменности). (2) На протяжении вулканического режима на поверхности планеты в глобальном масштабе формировались обширные лавовые равнины, которые располагались в региональных низменностях, сформированных на предыдущем этапе. Тектоническая активность в течение вулканического режима была незначительной. (3) Вулкано-тектонический режим действовал на протяжении последних 2/3 видимой геологической истории Венеры. Эндогенная активность в этот период была значительно слабее, чем в течение предыдущих режимов и сводилась к формированию протяженных зон растрескивания литосферы и к вулканизму, локализованному в крупных изолированных регионах. (Иванов М.А., - ГЕОХИ РАН, Head J.W., Brown University, Providence RI, USA). Эта особенность геологической истории Венеры была учтена при выборе мест посадки будущей экспедиции к Венере "Венера-Д". Область темного гало вокруг кратера Ермолова рекомендована как одна из главных целей этой экспедиции, имеющая высокую научную значимость и благоприятная для безопасной посадки (Иванов М. А.).</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория сравнительной планетологии (зав. лаб. к.г.-м.н. М.А. Иванов), совместно с Университетом Брауна, США)</i></p>

Направление «аналитическая химия»

44 (44). Фундаментальные основы химии.

**Развиты фундаментальные подходы к теоретическому описанию равновесия и динамики массопереноса в многокомпонентных гетерофазных системах с концентрированными электролитами в нанопористых полимерных средах. Предложены новые методы разделения компонентов.**

Завершен этап работ в рамках создания теории массопереноса при перколяции концентрированных растворов электролитов через нанопористые среды. В основе развитых представлений лежит «двухслойная» модель раствора электролита, в котором в каждом слое рассматривается распределение компонентов по энергиям между зонами взаимодействия и свободного перемещения. Предложенный подход позволяет оценить соотношения концентраций молекул и ионов во внутренней области (нанопорах) сорбционного материала, а также рассчитать средние значения диэлектрической проницаемости во взаимодействующих фазах. Одним из следствий теории является объяснение механизма разделения компонентов в смешанных растворах кислот и их солей методом удерживания кислоты (АР). В фазе сорбционного материала в условиях с низкой диэлектрической проницаемостью, кислоты, представляющие собой молекулы или сильносвязанные и слабогидратированные ионные пары малого размера, проникают в нанопоры и удерживаются там за счет молекулярной сорбции или сил конкурентной сольватации. Сильно гидратированные слабосвязанные ионные пары солей, имеющие большие размеры, не могут проникать в нанопоры и проходят через слой сорбента[1,2]. Другим следствием является предсказание новых АР-методов, позволяющих обеспечивать стабильность коллоидных систем в сорбционных слоях. Малорастворимые соединения солей в виде устойчивых коллоидных частиц иммобилизуются на поверхности гранул пористого материала, образуя тонкие динамические пленки. Эти коллоиды, имея избыточный заряд на своей поверхности, сольватируются полярными молекулами, в том числе, кислотой, незначительное исходное количество которой в порозном пространстве способно обеспечить большую концентрацию в динамической пленке и предотвратить образование твердых фаз. Это открывает путь к созданию новых технологий разделения и получения неорганических веществ[1,3]. Предложена и на большом экспериментальном массиве апробирована математическая модель динамики массопереноса в многокомпонентных гетерофазных системах с концентрированными электролитами в нанопористых полимерных средах (Хамизов Р.Х., Крачак А.Н., Груздева А.Н., Власовских Н.С.).

1. R. Kh. Khamizov, N. A. Tikhonov, A. N. Krachak et al // *Geochemistry International*, 2016, Vol. 54, No. 13, pp. 1223–1238.

2. R.Kh.Khamizov, A.N.Krachak, N.S.Vlasovskikh, et al. in. *Ion Exchange – a Continuing Success Story (IEX 2016). Extended Abstracts/ ed. M.Cox*, Robinson College, Cambridge, 2016, P. 89-90

3. Khamizov R.Kh., Krachak A.N., Gruzdeva A.N et al. Separation of concentrated ion mixtures in sorption columns with two liquid phases// Chapter 5 in *Ion Exchange and Solvent Extraction: A series of Advances*, V22/ed. A.SenGupta, CRS Press, N.Y.-L., 2016, P 148-174

(ГЕОХИ РАН, Лаборатория сорбционных методов, зав. лаб. д.х.н. Р.Х. Хамизов), совместно с физическим факультетом МГУ).

<p>44 (44). Фундаментальные основы химии.</p>	<p><b>Разработка способов количественного оценивания хода эволюции в мире органических молекул.</b> Исследование направлено на решение важнейшей задачи современной науки – объяснение эмпирически наблюдаемых закономерностей эволюции молекулярного мира на основе базовых физических законов и теорий.</p> <p>Изучены закономерности молекулярных превращений в условиях конденсированной среды, в которой всегда присутствуют и играют принципиальную роль межмолекулярные взаимодействия. Рассмотренные примеры продемонстрировали физику появления энергетических зон.</p> <p>Показано, что энергетические особенности конденсированной среды (появление зон) могут привести к инициирующему химическую реакцию постепенному накоплению внутренней энергии в реакционных центрах за счёт последовательных тепловых столкновений с частицами среды. Для этого не требуются высокие температуры.</p> <p>Выявленные физические свойства, связанные с энергетическими особенностями конденсированных сред, могут играть существенную роль в закономерностях молекулярных превращений и в формировании сложных молекулярных объектов на ранних стадиях образования биосферы.</p> <p>Результат является новым, опережает мировые достижения, имеет важное значение при изучении процессов на ранней стадии эволюции Вселенной (Рисунок 1) <i>(В.И.Баранов, Л.А.Грибов, И.В.Михайлов). (ГЕОХИ РАН, Лаборатория молекулярного моделирования и спектроскопии зав. лаб. д. ф.-м.н. В.И. Баранов).</i></p>
<p>46 (46). Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов «зеленой химии» и высокоэффективных каталитических систем, создание новых ресурсо- и энергосберегающих металлургических и химико-технологических процессов, включая углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами.</p>	<p><b>Результаты исследования, готовые к практическому использованию:</b></p> <p><b>Способ иммобилизации жидких высокосолевых радиоактивных отходов.</b> <b>Задачей настоящего изобретения является разработка способа иммобилизации кислых высокосолевых аммоний- и железосодержащих ЖРО среднего уровня активности, содержащих актиниды (прежде всего, плутоний и трансплутониевые элементы), а также продукты деления ядерного топлива (в том числе изотопы цезия и стронция). Поставленная задача решается использованием низкотемпературной магний-калий-фосфатной (МКФ) матрицы, образующейся согласно экзотермической реакции при комнатной температуре в растворе ЖРО после его нейтрализации раствором гидроксида натрия до уровня кислотности полученного раствора ЖРО, не приводящего к выделению токсичного аммиака, а также препятствующего выпадению железосодержащего осадка вследствие недопущения протекания реакции гидролиза по катиону железа(III).</b></p> <p>Повышение эффективности иммобилизации цезия в МКФ матрице проводят при переводе элемента в малорастворимое состояние в виде его труднорастворимых смешанных ферроцианидов. Захват малых количеств цезия обуславливается меньшей растворимостью смешанных железистосинеродистых солей этого катиона и катионов тяжёлых металлов, в частности, малорастворимой смешанной соли состава Cs<sub>2</sub>Ni[Fe(CN)<sub>6</sub>]. В подготовленном растворе ЖРО растворяют порошок дигидроортофосфата калия КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub>. После этого в раствор добавляют и растворяют порошок борной кислоты для регулирования скорости реакции. Далее в полученный раствор ЖРО при непрерывном перемешивании постепенно вносят порошкообразный оксид магния MgO, Предварительную подготовку используемого порошка MgO проводят путем его прокаливания. Приготовленную смесь оставляют для отверждения в реакционной</p>



	<p>емкости или переносят в формы. Наиболее эффективно использование заявленного способа может быть при проведении отверждения ЖРО в цилиндрических контейнерах объемом до 200 л с использованием потерянной мешалки с возможностью вертикального перемещения для гомогенизации смеси связующих агентов и раствора ЖРО. (ГЕОХИ РАН, Лаборатория радиохимии, зав. лаб. д. х.н. Ю.М. Куляко).</p>
<p><b>ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ</b> <b>Направление «геохимия»</b></p>	
<p>16 (16). Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.</p>	<p>1. Проводился расчет сечений образования наиболее информативных (с точки зрения происхождения первичного вещества) изотопов и построение их полных функций возбуждения, что позволит выявить изотопные аномалии, наиболее характерные для условий вспышки последней сверхновой в ранней Солнечной системе. 2. Выявлены первичные (захваченные) газы (Q газы) в сульфиде хондрита Саратов L4. Захват газов или их фаз-носителей сульфидами мог произойти в период конденсации протопланетного облака и в процессах хондрообразования. Наиболее вероятным кандидатом для фазы-носителя первичных газов предполагается графитоподобная фаза, поверхность зерен в которой имеет графеноподобную структуру. 3. Разработан количественный подход к анализу роли стохастических факторов в формировании особенностей солнечных циклов по данным о космогенных радионуклидах в хондритах. Предложена модель возможных изменений интенсивности галактических космических лучей за последний миллиард лет. В проводимых совместно с ФИАН поисках следов сверхтяжелых ядер галактических космических лучей в рамках проекта ОЛИМПИА найдены следы ядер так называемого «острова стабильности» трансураниевых элементов. 4. Изучен микроэлементный состав в магнитных и немагнитных размерных фракциях из энстатитовых хондритов EH и EL групп. Для оценки степени влияния вторичных процессов на химический состав отдельных компонентов метеоритов получены данные по содержанию литофильных элементов в матрице углистых хондритов разных химических групп и петрологических типов. 5. Проведен сравнительный анализ параметров термолюминесценции 45 метеоритов различных химических классов и 13 образцов-находок. Сделан вывод о возможности применения метода термолюминесценции при идентификации внеземного вещества (ГЕОХИ РАН, Лаборатория космохимии, научный руководитель темы: Алексеев В.А.).</p>
<p>125 (67). Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем.</p>	<p>1. Методами исследования ICP-MS; ICP-AES; XRF, EPMA, LA-ICP-MS в шести лабораториях России, Франции, Австралии, Японии, США и Германии. подготовлен к публикации международный стандарт оливина для локального микроанализа. 2. На основе новых экспериментальных данных создан новый усовершенствованный оливин-расплавный геотермометр для оценки температур основных и ультраосновных магм. 3. Изучение геохимии и петрологии магматизма Восточно-Индийского Хребта показало, что по многим параметрам он формировался под влиянием мантийной струи. 4. Изучение петрографических, минералогических и геохимических особенности трахиандезибазальтов побочного извержения 2012–2013 гг. вулкана Плоский Толбачик свидетельствует об их мантийном происхождении и позволяют отнести их к надсубдукционной субщелочной формации калиевого ряда. 5. На основе новейших</p>

	<p>оливин-шпинелевых и оливин-расплавных геотермометров получены оценки температуры кристаллизации оливина (1080-1130оС) для 4-х вулканов Камчатки. 6. На основе изучение минералогии и содержания главных и рассеянных элементов в стеклах пепеловых прослоев в голоцен-плейстоценовых осадках Охотского моря определены диагностические признаки и P-T-fO<sub>2</sub> условия крупнейших извержений и их вероятные источники на Курильских островах, в Японии и на Камчатке. 7. Шесть сотрудников лаборатории приняли участие в 249м рейсе НИС «Зонне», проходившего под эгидой германско-российского проекта БЕРИНГ. В ходе этой экспедиции было проведено 150 станций драгирования в ключевых в геодинамическом отношении районах северо-западной акватории Тихого океана. Впервые получены возрастные оценки изотопного датирования циркона корового субстрата осевой зоны САХ в районе его пересечения с разломной зоной Вима, которые соответствуют картине увеличения возраста океанической литосферы в диапазоне времени 18 – 12 млн.лет, построенной по линейным магнитным аномалиям. 8. Исследование поздне триасовых вулканических, субвулканических и вулканогенно-осадочных пород Чукотского полуострова (Вельмайский террейн) позволило выявить их принадлежность к надсубдукционным и внутриплитовым геохимическим типам. 9. Предложена новая схема развития траппового магматизма на севере Сибирской платформы, которая включает два главных этапа - рифтогенного и собственно платформенного, который начался не с моронговского времени, как это предполагалось ранее, а с туклонского. 10. Изучен химический и минеральный состав руд залежи Южная-2 Талнахского месторождения. 11. Опубликована монография в международном издательстве Шпрингер. На основе изучения характера распределения халькофильных (Cu, Zn, As, Sb и Pb) и сидерофильных (Ni, Cr, Co) элементов в 18 образцах абиссальных перидотитов установлено, что карбонатизация абиссальных перидотитов определяет накопление Au и Ag на этапе низкотемпературного приповерхностного изменения океанических пород ультраосновного состава</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория магматических и метаморфических пород, научный руководитель темы: Соболев А.В.)</i></p>
<p>125 (67). Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем.</p>	<p>1. Построены впервые литолого-фациальные карты для неоплейстоцена Баренцева моря и моря Лаптевых, обчисланные по объемному методу А.Б. Ронова. 2. Предложена методика выявления тонкой структуры плейстоценовых отложений континентального склона Карского моря. Выявлены геохимические особенности голоценовых разрезов шельфа Карского моря. 3. Собраны данные по плейстоцену континентальных окраин Тихого океана по 280 скважинам глубоководного бурения.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии осадочных пород, научный руководитель темы: Левитан М.А.)</i></p>
<p>126 (68). Периодизация истории Земли, определение длительности и корреляция геологических событий на основе развития методов геохронологии, стратиграфии и палеонтологии</p>	<p>1. Проведено изотопно-геохимическое и изотопно-геохронологическое изучение архейских и палеопротерозойских пород Волго-Уралии с целью оценки роли мантийного и корового вещества в породах.</p> <p>2. Сконструирована, собрана и прошла вакуумные испытания автоматическая установка для ступенчатого выделения газов из флюидных включений в породах и минералах.</p>

	<p>3. На основе анализа Sr-Nd-Pb изотопных данных для пород трапповой формации Средней Сибири, с которыми связаны Cu-Ni-Pt месторождения-гиганты, а также для аналогичных по генезису рудовмещающих пород Камчатки показано повсеместное участие древнего литосферного материала метабазитового состава в источнике материнских расплавов.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория изотопной геохимии и геохронологии, научный руководитель темы: Костицын Ю.А.).</i></p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p>1. Выделены новые типы тугоплавких включений в углистых хондритах, изучена хронология вторичных процессов в CV3 хондритах, получены новые данные по процессам испарения и конденсации тугоплавких элементов. 2. Разработана модель формирования силикатных включений в мезосидерите Эльга и история последующих ударных преобразований этого метеорита, обнаружены следы пневматолитовых процессов на родительском теле метеоритов – мезосидеритов. 3. Изучен химический состав матрицы тонкозернистых микрометеоритов. 4. В лунных породах найдены включения с сильной катодолуминесценцией, которые могут быть связаны с необычным материалом лунной коры. 5. Проведено изучение образцов базальтов, экспериментально нагруженных сходящейся ударной волной.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория метеоритики, научный руководитель темы: Бадюков Д.Д.).</i></p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p>1. Проведено сравнение геохимических данных о породах Венеры и Земли. Установлено, что породы, опробованные в местах посадки станций Венера-13 и Вега-2, не имеют петрохимических аналогов среди земных океанических вулканитов. Породы, опробованные в месте посадки станции Венера14, могут походить на вулканические породы срединно-океанических хребтов. Методами фотогеологического и топографического анализа были выделены две различных фации рифтовых зон Венеры: рифтовые долины и пояса грабен. Сделан обзор истории вулканизма Венеры за последний миллиард лет и описаны признаки современной вулканической активности планеты. 2. В результате детального геологического картирования ударного бассейна Эллада на Марсе была реконструирована история осадконакопления в этом регионе и выявлены признаки соляного и/или ледяного диапиризма. В результате детального фотогеологического анализа поверхности в высоких северных широтах Марса с использованием спектральных данных о составе поверхности была сделана оценка распространенности слоистых останцов северной полярной шапки. 3. Был проведен детальный фотогеологический анализ куполов Грютойзен на Луне. В результате было установлено, что их формирование связано с переплавлением гранитоподобной составляющей лунной коры. На это же указывают спектральные характеристики днища кратера Коперник. 4. Начата работа по геолого-геоморфологическому анализу поверхности в местах посадки планируемой экспедиции Луна-Глоб для выработки критериев выбора научно значимых и безопасных мест посадки. 5. Были проведены экспериментальные исследования процессов испарения вещества в ударном процессе. Полученные данные показывают, что испарение вещества протекает преимущественно в виде атомно-молекулярных группировок - кластеров. 6. Проведен морфологический и топографический анализ поверхности ядра кометы Чурюмова-Герасименко. В результате были получены оценки прочности материала ядра кометы.</p>

	<i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория сравнительной планетологии, научный руководитель темы: Базилевский А.Т.).</i>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p>1. Проведено моделирование физико-химических свойств твердых и жидких Fe-S растворов методом молекулярной динамики (МД) с применением потенциала модели погруженного атома в приложении к внутреннему строению ядра Луны. Сравнение МД расчетов с результатами интерпретации наблюдений по программе Apollo показывает хорошее согласие скорости <math>P</math>-волн во флюидном ядре Луны, в то время как термодинамическая плотность Fe-S ядра не соответствует сейсмическим моделям. Пересмотр значений плотности ядра приводит к ревизии его размеров и массы. Радиус флюидного Fe-S ядра должен быть меньше 330 км, а его масса &lt;1.5% от массы Луны. 2. Исследовано соответствие сейсмологической референц-модели мантии Луны (VPREMOON) термическим и петрологическим моделям, основанное на конверсии скоростей <math>P</math>-, <math>S</math>-волн в соотношения температура – глубина для различных петрологических моделей мантии Луны. Показано, что вне зависимости от химического состава, положительный градиент скоростей <math>P</math>-, <math>S</math>-волн приводит к отрицательному градиенту температуры в мантии, что не имеет физической основы. Наиболее вероятные породы верхней мантии Луны обеднены тугоплавкими оксидами. Модели, обогащенные кальцием и алюминием (типа пиролита), не могут рассматриваться в качестве петрологической основы верхней мантии, поскольку приводят к нереалистичным температурам (вблизи или выше солидуса). 3. На основе имеющейся геофизической информации (Cassini–Huygens) о массе, средней плотности, моменте инерции, орбитальных и упругих характеристиках построены физико-химические модели внутреннего строения ледяного спутника системы Сатурна –Титана. Построены профили распределения давления, силы тяжести и плотности вещества в структурных областях спутника. Анализ построенных моделей показал, что наиболее вероятными являются модели частично дифференцированного Титана, состоящего из внешней водно-ледяной оболочки, промежуточной каменно-ледяной мантии и внутреннего железокремнистого ядра. Тестирование моделей на соответствие приливным числам Лява показывает, что в составе водно-ледяной оболочки спутника следует ожидать наличие внутреннего океана. 4. Обобщены экспериментальные данные по относительным содержаниям родительских молекул в кометах разных динамических типов. Показано, что получаемые составы критическим образом зависят от многих факторов, и прежде всего от гелиоцентрического расстояния, на котором производятся измерения, и от периода проведения измерений – до и после прохождения кометой точки перигелия; при этом различия относительных содержаний для одной кометы могут достигать порядка величины и более. Эти результаты, в совокупности с экспериментально доказанной крупномасштабной гетерогенностью вещества ряда комет, различиями их динамических характеристик (периода вращения, наклона собственной оси вращения к плоскости эклиптики, положения перигелия и др.) позволяют сделать вывод, что экспериментально измеряемые составы вещества кометных ком в полной мере не отражают состав их ядер и потому не могут являться надежным космохимическим ограничением для моделей образования комет. 5. Методом адиабатической калориметрии проведены измерения теплоемкости сфалерита, <math>\text{PrPO}_4</math>, <math>\text{DyXO}_4</math> (<math>X = \text{P, V, Nb}</math>) в области низких температур. На основании полученных экспериментальных и литературных данных рассчитаны термодинамические функции минералов</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория термодинамики и математического моделирования природных процессов,</i></p>

	<i>научный руководитель темы: Кусков О.Л.).</i>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p>1. В рамках проекта космического аппарата «Луна-25» (Луна-Глоб) были доработаны, прошли испытания и поставлены заказчику натурно-габаритно-весовой макет (НГВМ) и тепловой эквивалент (ТЭ) прибора ТЕРМО-Л. Доработка заключалась в изменении габаритных размеров макетов и включении в состав прибора откидывающих устройств нового типа. 2. В рамках проекта орбитального космического аппарата «Луна-26» (Луна-Ресурс-1 ОА) изготовлены технологический образец и контрольно-испытательная аппаратура (КИА) прибора МЕТЕОР-Л и проведены их приемо-сдаточные испытания. 3. Разработана и согласована с Заказчиком эксплуатационная и рабочая конструкторская документация на прибор МЕТЕОР-Л и КИА прибора. 4. Проведено комплексное картографирование участка Луны Mons Rumker – одного из кандидатов для изучения роботом-геологом (также один из проектов лаборатории), включающее в себя геологическую, гипсометрические карты, карту уклонов поверхности. Построена высокодетальная цифровая модель рельефа на предполагаемый район размещения лунной базы по данным лазерной альтиметрии и стереофотограмметрической обработки оптических изображений. 5. Была разработана модель лунного грунта для широкомасштабных натуральных экспериментальных исследований.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии Луны и планет, научный руководитель темы: Слюта Е.Н.).</i></p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p> <p>16 (16). Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач</p>	<p>1. Изучен изотопный состав углерода микроалмазов, обнаруженных в продуктах извержения (застывших пористых лавах и пепле) вулкана Толбачик (Камчатка). Полученный изотопный состав микроалмазов вулкана Толбачик оказался близок к таковому микроскопических углеродных образований в его лавах. Совокупность геохимических данных, характеризующих исследованный тип алмазов, дает основание предположить, что они образовались в соответствии с предложенным Э.М. Галимовым механизмом синтеза алмазов при возникновении кавитации в быстро движущемся флюиде. 2. Исследованы особенности формирования композитных углеродных наночастиц при кавитации с гидроударом и сравнение с существующими методами синтеза в нанотехнологиях. С помощью методов электронной дифракции исследована кристаллическая структура различных наночастиц углерода, синтезируемых при гидродинамической кавитации в углеводородных жидкостях (бензол, толуол, этиловый спирт). Выделены такие полиморфы углерода как наноалмаз, нанографит и сложные композитные образования. Проанализированы характеристики кристаллических решеток синтезированных наночастиц углерода. Рассмотрены приложения предварительных результатов кавитационного синтеза для микроэлектроники. 3. Произведено уточнение геологических условий формирования запасов углеводородов.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии углерода, научный руководитель темы: Галимов Э.М.).</i></p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной</p>	<p>1. Проведены эксперименты в системе «силикатный расплав (базальт-андезитобазальт) + жидкий сплав Fe + C (графит) + летучие компоненты (N–C–O–H)» при 1.5 ГПа, 1400oC и fO2 на 1.5–2 порядка ниже значений fO2(IW). Методами ИК- и КР спектроскопии определены формы нахождения C–N–O–H летучих в</p>

<p>системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p>силикатных расплавах (стеклах) находящиеся в равновесии с жидкой металлической фазой. 2. Методом численного моделирования установлены основные закономерности в поведении <math>Si</math> и <math>H_2O</math> при кристаллизации и дегазации гранитных магм. 3. Экспериментально на высокотемпературной центрифуге определено влияние деформации кристаллического каркаса на условия отделения жидкой металлической фазы при частичном плавлении модельного планетарного вещества ультраосновного состава. 4. Экспериментально изучены фазовые отношения в системах моделирующих состав мантии Земли <math>Mg_2SiO_4</math>–<math>MgCr_2O_4</math> при 7,0-24,0 ГПа и 1600°C, а также определены РТ-условия стабильности скиагита <math>Fe_3Fe_2Si_3O_{12}</math> при 7-14 ГПа и 1000-1300°C.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии мантии Земли, научный руководитель темы: Луканин О.А.)</i></p>
<p>129 (71). Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.</p>	<p>1. Выявлено и собрано более 220 публикаций и несколько сотен писем ученого, не вошедших в базовые издания творческого наследия В.И. Вернадского. В Архиве РАН обнаружены и собраны (просмотрено более 3150 дел) ранее не публиковавшиеся работы Вернадского (около 280), его письма, не вошедшие в изданные переписки, материалы биографического характера, дневники и путевые записи за 1874-1916 г., воспоминания, записки (около 90) В.Л. Комарову. Просмотрены описи фондов других архивов, где установлены многочисленные письма Вернадского. Собраны и расшифрованы архивные материалы для издания "В.И. Вернадский и Б.Л. Личков. Новые материалы". Завершены расшифровки рукописи дневника Н.Е. Вернадского за 1941-42 г. и переписки Вернадского и А.И. Яковлева. Начат сбор архивного материала и его расшифровка для издания "В.И. Вернадский. Работы по истории науки, об ученых и их деятельности". Впервые на русском языке опубликована работа Вернадского "О биогеохимии". 2. Начаты расшифровка и подготовка к печати дневников акад. А.П. Виноградова. 3. Осуществлялась просветительская деятельность и текущая музейная работа в Мемориальных кабинет-музеях В.И. Вернадского и А.П. Виноградова.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Группа "Научное наследие В.И. Вернадского и его школы", научный руководитель темы: Галимов Э.М.)</i></p>
<p>130 (72). Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы; условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых.</p>	<p><b>Описанные в отчете исследования направлены на решение фундаментальной геохимической и петрологической проблемы эволюции щелочных расплавов в условиях мантийной динамики, что предусматривает проведение комплексных экспериментальных, петрологических и геохимических исследований.</b> 1. Получены новые данные по геохимии, минералогии, процессам концентрирования и фракционирования радиоактивных элементов (U, Th) в процессе длительной дифференциации щелочно-карбонатитовой магматической системы Полярной Сибири. 2. Экспериментально получены новые данные по коэффициентам распределения редких элементов между мантийными фазами и щелочными расплавами, установлено влияние щелочных элементов на структурные особенности фаз и их термоупругие свойства, выявлены их возможные фазы-концентраторы в мантии Земли. Полученный материал позволит разработать фундаментальные модели формирования месторождений стратегического сырья.</p> <p>Результаты экспериментов могут быть использованы для уточнения состава и строения глубинных оболочек Земли и развития методов оценки условий образования богатых натрием щелочных пород при</p>

	<p>высоких температурах и давлениях</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии и рудоносности щелочного магматизма, научный руководитель темы: Козарко Л.Н.)</i></p>
<p>130 (72). Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы; условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых.</p>	<p>В рамках первого этапа (2016 г.) исследования роли гидротермальных процессов в переносе и переотложении платиноидов и золота исследовано изменение вещественного состава коры в океанических условиях и на примере абиссальных перидотитов показано, что данные о валовом составе ультраосновных пород океанического дна могут быть использованы для оценки относительного вклада магматических и гидротермальных процессов в картину распределения сидерофильных и халькофильных элементов. Отмечены принципиальные различия в поведении золота и ЭПГ (палладия и платины) в процессе гидротермального преобразования океанической коры.</p> <p>Изучены особенности состава норильских сульфидных платинометалльных месторождений (на примере месторождения Октябрьское). Полученные данные о характере распределения ЭПГ и летучих компонентов использованы при обосновании качественной модели образования этого месторождения. Выполнены предварительные эксперименты, моделирующие перенос ЭПГ хлоридными средами; установлены особенности переноса палладия и платины при контакте растворов с различными типами пород.</p> <p>Развиты новые подходы к синтезу модельных веществ и сорбционных материалов для геохимических и экоаналитических исследований. В рамках программы международного тестирования лабораторий проанализированы образцы ультраосновных и осадочных пород на содержание породообразующих и следовых компонентов.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория геохимии и аналитической химии благородных металлов, научный руководитель темы: Кубракова И.В.)</i></p>
<p>133 (75). Мировой океан (физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы и континентальных окраин; роль океана в формировании климата Земли, современные климатические и антропогенные изменения океанских природных систем).</p>	<p>Изучена геометрия препятствий, обтекаемых равномерным плоским потоком, при их моделировании точечным источником и системой разнесенных по горизонтали источника и стока. Исследована задача о генерации волн на поверхности плоского бесконечно глубокого потока однородной жидкости, обтекающего точечную гидродинамическую особенность, в частности, точечный источник. В дополнение к известным интегральным представлениям решения этой задачи в формах Г. Ламба и М.В. Келдыша получено обыкновенное дифференциальное уравнение для профиля свободной поверхности потока.</p> <p>Численное определение вида поверхностной волны в результате решения соответствующей задачи Коши для полученного уравнения показало эффективность предложенного метода и позволило выявить характерные свойства поверхностной волны. Исследован вопрос о заметности волны на поверхности однородного бесконечно глубокого потока. В качестве характеристики заметности предложено использовать среднюю крутизну генерируемой волны. Показано, что при фиксированной глубине источника возмущений зависимость средней крутизны волны от скорости потока имеет один явно выраженный максимум. Исследована задача о генерации волн на поверхности плоского бесконечно глубокого потока стратифицированной двухслойной жидкости, обтекающего точечную гидродинамическую особенность, локализованную в нижнем слое. В частности, рассмотрен случай точечного источника. Получено интегральное представление решения этой задачи, проведен его асимптотический анализ на больших расстояниях от источника возмущений. Осуществлено численное определение вида поверхностной волны, которое позволило выявить характерные свойства поверхностной</p>

	<p>волны. Анализ решения задачи о генерации волн на поверхности плоского бесконечно глубокого потока стратифицированной двухслойной жидкости, обтекающего точечную гидродинамическую особенность, локализованную в нижнем слое, показал, что если скорость потока превышает критическую, то формируется лишь одна поверхностная волна, по своим свойствам близкая к волне в однородной жидкости. Если скорость потока меньше критической, то на поверхности жидкости, в дополнение к указанной волне, формируется еще одна волна, существенно более длинная. Она представляет собой проявление на поверхности жидкости внутренней волны. Приведена зависимость критической скорости от плотностей жидких слоев и толщины верхнего слоя. Численные оценки показали, что в реальных морских условиях первая, короткая, волна практически не наблюдаема. Однако вторая, более длинная волна, может иметь весьма существенную амплитуду. Исследован вопрос о заметности второй, более длинной, волны на поверхности стратифицированного двухслойного бесконечно глубокого потока. Показано, что при фиксированной глубине источника возмущений зависимость средней крутизны волны от скорости потока имеет один явно выраженный максимум</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория физико-химических процессов и динамики поверхности океана, научный руководитель темы: Носов В.Н.)</i></p>
<p>137 (79). Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.</p>	<p>1. Созданы две специализированных ГИС на модельные районы (верховье долины р. Енисей и бассейн р. Костица, Брянская область) для математического моделирования распределения техногенных радионуклидов в различных ландшафтных условиях. Для анализа ландшафтных закономерностей распределения <math>^{137}\text{Cs}</math> на территории Брянской области организована радиоэкологическая геоинформационная система, в которую включена цифровая модель рельефа (ЦМР) радарной съемки топографии Земли с борта Шаттла; SRTM. Исследованы характер пространственного распределения <math>^{137}\text{Cs}</math> в различных ландшафтных позициях, связь плотности загрязнения <math>^{137}\text{Cs}</math> с высотным положением. Исследовано влияния эффекта масштабирования (scaling) на характер пространственного распределения <math>^{137}\text{Cs}</math>. Предложена процедура даунскейлинга (переход к более детальной сетке) с сохранением физического и ландшафтного подобия. Выполнено моделирование и анализ погрешностей динамики объемной активности <math>^{222}\text{Rn}</math> и дочерних продуктов его распада - <math>^{214}\text{Pb}</math> и <math>^{214}\text{Bi}</math> на основе регистрации характеристик поля <math>\gamma</math>-излучения, что позволяет осуществлять мониторинг <math>^{222}\text{Rn}</math>, <math>^{214}\text{Pb}</math> и <math>^{214}\text{Bi}</math> в режиме реального времени.</p> <p>2. Проведена биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды в зоне влияния Карабашского медеплавильного комбината. Прослежены пути миграции и формы металлов и металлоидов в системе атмосферные выбросы – атмосферные осадки – почвы – грунтовые воды – озерные воды – донные отложения. Выполнены исследования экологического и экотоксикологического состояния р. Волги на основе гидрохимических и ихтиологических параметров</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория эволюционной биогеохимии и геоэкологии, научный руководитель темы: Моисеенко Т.И.)</i></p>
<p>137 (79). Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального</p>	<p>Исследован район планируемого к разработке месторождения Павловское (арх. Новая Земля) с целью прогнозной оценки изменения гидрогеохимической обстановки при разработке этого месторождения.</p>



<p>природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.</p>	<p>Методы исследования: лабораторное и компьютерное моделирование процессов в системе «вода-порода-газы», имитирующей месторождение Павловское. Получены количественные характеристики гидрогеохимических процессов, определяющих формирование и изменение состава природных вод района месторождения Павловское. Результаты моделирования будут предоставлены организации Минатома РФ, которая отвечает за подготовку ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) для разработчиков месторождения Павловское. Результаты моделирования позволят быстрее и с меньшими издержками разработать систему природоохранных мероприятий</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов, научный руководитель: Рыженко Б.Н.).</i></p>
<p>137 (79). Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества</p>	<p>1. Выявлена положительная корреляция между содержанием металлов в почвах и растениях и умеренная корреляция между суммой фитохелатинов и металлов в листьях ивы и молочая. Не обнаружено связи между синтезом пигментов растений и содержанием металлов в почвах. Установлено, что диапазон нормального содержания химических элементов в волосяном покрове животных зависит от геохимических факторов среды обитания и является важным индикатором качества кормления и их содержания.</p> <p>2. На основе анализа теоретических положений биогеохимии и геохимической экологии предложен новый подход к оценке структурной организации современных биогеохимических провинций и ее происхождению, Он продемонстрирован на примере построения карты сочетанного геохимического риска заболеваний щитовидной железы в Брянской области, обусловленного как техногенным загрязнением территории радиоактивным изотопом <math>^{131}\text{I}</math> при аварии на ЧАЭС, так и воздействием естественно-природного дефицита йода.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория биогеохимии окружающей среды, научный руководитель темы: Ермаков В.В.).</i></p>
<p>137 (79). Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.</p>	<p>1. Установлено, что в результате проведения подземного ядерного взрыва (ПЯВ) Кратон-3 на территории республике Саха произошло загрязнение окружающей среды радионуклидами, содержание которых на порядок превышает их глобальный фон. За 38 лет после взрыва произошла как латеральная, так и вертикальная миграция радионуклидов, в результате которой загрязнены речная вода, донные отложения, растительность в зоне воздействия ПЯВ «Кратон-3». Интенсивность миграционных процессов зависит от химических особенностей радионуклидов, которые по своей подвижности располагаются в ряд: <math>^{137}\text{Cs} &gt; ^{239-240}\text{Pu} &gt; ^{238}\text{Pu} &gt; ^{90}\text{Sr} &gt; ^{237}\text{Np}</math>. Из растительности наибольшие биологические коэффициенты накопления радионуклидов характерны для мха и лишайника, которые являются концентраторами практически всех химических элементов. С применением просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения с приставками для рентгеновского микроанализа, спектрометрии характеристических потерь электронов и электронной дифракции (JEOL JEM 2100) изучено коллоидное вещество из водного почвенного раствора. Выявлено значительное содержание актинидов в коллоидном веществе, что подтверждается альфа-трековым анализом. Наиболее тесная связь <math>^{137}\text{Cs}</math> и <math>^{90}\text{Sr}</math> в дерново-карбонатной почве обнаруживается с количеством гумуса и гигроскопической влагой, плутония - с содержанием железа, а америция – с</p>

	<p>низкомолекулярными фракциями органического вещества. Для нептуния корреляционные связи не обнаружены. Коэффициенты вертикальной миграции радионуклидов на порядок ниже по сравнению с подзолистыми почвами зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа. По-видимому, это связано с высоким содержанием карбонатов в исследуемых почвах и низкими температурами криолитозоны. Особенностью динамических кривых миграции радионуклидов для зоны «Кратон-3», за исключением <math>^{90}\text{Sr}</math>, является наличие двух составляющих (медленной и быстрой).</p> <p>2. Для проведения мониторинга морских акваторий разработана автономная платформа для аппаратно-программного комплекса прогнозирования состояния морской среды на наличие приоритетных экотоксикантов. Создан программно-аппаратный комплекс экспериментальных образцов блоков автономных физико-химических измерений морской среды, входящих в общую автономную систему экологического контроля и прогноза состояния морских акваторий.</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория радиохимии окружающей среды, научный руководитель темы: Новиков А.П.).</i></p>
<b>Направление « аналитическая химия»</b>	
44 (44). Фундаментальные основы химии.	<p>Получил развитие комплексный подход к выделению, изучению и количественному элементному анализу наночастиц дорожной пыли. Изучены процессы сорбции веществ (металлов, биоорганических) в ультразвуковом поле. Средствами аналитической химии продолжена доклиническая разработка терапевтических средств на основе металлов и их соединений</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория концентрирования, научный руководитель темы: Спиваков Б.Я.).</i></p>
44 (44). Фундаментальные основы химии.	<p>Предложены системы для сорбционно-спектроскопического определения 0.1 – 0.7 мкг/мл тиоцианат-ионов в водных растворах. Разработана тест-методика анализа 0,01 – 0,05%-ных растворов аскорбиновой кислоты. Предложен новый вариант лазерной десорбции-ионизации, основанный на взаимодействии эмиттеров ионов с определяемыми органическими соединениями с образованием комплексов металлов, лазерно-индуцированной ионизации комплексов путем переноса электрона, десорбции образовавшихся ионов и их детектировании в масс-анализаторе. Проведены аналитические испытания портативного универсального фотометра для определения металлов в растворах. Методом ЭПР проведено исследование комплексообразующих свойств полиакриламидного гидрогеля при совместной сорбции трех различных элементов</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория инструментальных методов и органических реагентов, научный руководитель темы: Гречников А.А.).</i></p>
44 (44). Фундаментальные основы химии.	<p>На базе различных подходов рассмотрено теоретическое описание процессов в газовой и жидкостной хроматографии. С использованием программы IONCHROM и метода ДКХС разработан режим знакопеременного градиентного элюирования. Решена общая задача перевода золя НИО, находящегося в произвольном растворе, в золь с заданной ионной формой в заданном растворе. Исследован модифицированный AR – метод, в котором на стадиях вытеснения используется разбавленный раствор</p>

	<p>кислоты. Исследовано равновесие обмена SCN/Cl на анионите АВ-17. Проведены вычислительные эксперименты (программа “Createscheme”) по выбору технологических схем и режимов деминерализации воды для получения воды заданного качества. Исследована кинетика сорбции катионов при длительном контакте раствора и клиноптилолита</p> <p>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория сорбционных методов, научный руководитель темы: Хамизов Р.Х).</p>
<p>44 (44). Фундаментальные основы химии.</p>	<p>Методами спектрофотометрии, фото- и электрохемилюминесцентного анализа изучена кинетика фотохимического получения монодисперсных наночастиц (НЧ) серебра различных размеров и морфологии. Данные частицы могут быть использованы в качестве функциональных наноматериалов для люминесцентного анализа различных органических и неорганических соединений в объектах окружающей среды. Установлено, что выход НЧ, их размеры, форма определяется соотношением исходных концентраций нитрата серебра и цитрат-иона, а также мощностью используемого УФ-облучения и его длительностью. Разработан метод обработки сложных спектров с нестабильным фоном на основе алгоритма частичного сопоставления кривых с помощью ординатного распределения. Изучено взаимное влияние металлов на сигнал в атомно-эмиссионном анализе с импульсными источниками с электролитным катодом. Показано, что в ряде случаев соли натрия улучшают условия определения, особенно для разряда при вскипании в канале, перспективного для безреагентного анализа морской воды. Создана окситермографическая установка, с использованием воздуха в качестве окислительной среды. Установка включает высокотемпературный реактор с катализатором; газовую схему, позволяющую прокачивать стабильный поток воздуха через реактор с возможностью отгонки растворителя, кислородный датчик, систему введения пробы в реактор; электронные блоки управления и регистрации; программное обеспечение. С использованием водорастворимого органического вещества полиэтиленгликоль (молекулярная масса 3000;4000;6000;10000; 12000 ), строение молекулы которого имеет вид <math>H-[OCH_2CH_2]_n-OH</math>, исследованы аналитические возможности данной установки. Предел обнаружения ХПК в водных растворах ПЭГов составляет 30 едн</p> <p><i>(ГЕОХИ РАН, Лаборатория химических сенсоров и определение газообразующих примесей, научный руководитель темы: Зувев К.Б.).</i></p>
<p>44 (44). Фундаментальные основы химии.</p>	<p>Разработан фрагментарный с использованием одноцентровых функций метод решения актуальной задачи об анализе свойств электронных оболочек очень больших молекул. Предложен общий подход для решения задачи о ядерных движениях в молекулах. Разработан вариационный метод вычисления колебательно-вращательных уровней энергии. Задача решается полностью и с хорошей степенью точности. Для создания методов расчета спектров молекул с тяжелыми элементами уточнены свойства решений волновых уравнений и строения систем тождественных частиц. Исследованы нерелятивистская и релятивистская модели. Показано, что перестановочные решения волновых уравнений образуют ортогональную систему функций. Решена актуальная в фотоаналитике задача моделирования фотохимических процессов при разных продолжительностях оптического облучения. В рамках изучения таутомерии оснований нуклеиновых кислот методами вибронной спектроскопии показана возможность неоптических переходов</p>

	<p>между уровнями и таутомерного превращения 7-азаиндола (ГЕОХИ РАН, Лаборатория молекулярного моделирования и спектроскопии, научный руководитель темы: Баранов В.И.).</p>
<p>44 (44). Фундаментальные основы химии.</p>	<p>Разработано и апробировано устройство для одновременного кислотного разложения большого числа (несколько десятков) геологических проб в открытой системе, обеспечивающее воспроизводимость процедуры разложения. Создана концепция и начата разработка проект iPlasmaProQuad для хранения и обработки первичных данных квадрупольной масс-спектрометрии. Проект направлен на повышение точности МС-ИСП анализа и автоматизацию обработки данных. В настоящее время проект развивается как система реляционно-связанных таблиц базы данных, системы запросов для обработки данных таблиц (и пользовательского программного интерфейса вызова запросов/макросов на языке С#. Разработано большое количество методик анализа различных образцов методами АЭС-ИСП и МС-ИСП и выполнен анализ предоставленных образцов; редкоземельные концентраты, метеориты, природные воды, руды, донные отложения и др. Разработана методика МСВИ и проведено одновременное изучение распределения углерода и водорода в прожилке стекла метеорита Челябинский. Построены трехмерные распределения 1H и 12C в прожилке стекла Челябинского метеорита. Усовершенствованы методики РФА проб в широком диапазоне изменения элементного состава, в их числе, горные породы различного генезиса, донные осадки, почвы, взвешенное вещество и др. Расширен круг анализа методом РСМА образцов очень сложного химического состава, требующих создания многоступенчатой системы исследования с меняющимися параметрами (ток зонда, ускоряющее напряжение, время анализа и т.д.). Разработан проект программно-аппаратного решения для обеспечения дистанционного гамма-спектрометрического мониторинга радиоактивности техногенных нуклидов в атмосферном выбросе АЭС, включая метод расчета эффективности регистрации пика полного поглощения при использовании дистанционной сцинтилляционной гамма-спектрометрии. Ведется разработка необходимого программного обеспечения (ГЕОХИ РАН, Лаборатория методов исследования и анализа веществ и материалов, научный руководитель темы: Колотов В.П.).</p>

46 (46). Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов «зеленой химии» и высокоэффективных каталитических систем, создание новых ресурсо- и энергосберегающих металлургических и химико-технологических процессов, включая углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами.

Показано, что успешно испытанная на реальных образцах ОЯТ новая технология переработки ОЯТ с использованием слабокислых растворов нитрата железа, снижающая количества РАО и повышающая радиационную безопасность для персонала и окружающей среды, может быть с успехом адаптирована к последующей разработке экстракционных систем на основе 30% ТБФ в Изопаре М для отделения ТПЭ от РЗЭ. Используя высшие состояния окисления Am (V и VI), этот подход способен решить задачу по отделению Am от смеси Cm с РЗЭ с применением одного экстрагента – трибутилфосфата. Синтезированы модифицированные сорбенты на основе углеродных наноматериалов, содержащие оптимальные лиганды, и получены сведения об эффективности их применения для выделения и разделения актинидов, РЗЭ и др. радионуклидов из растворов различного состава. Разработан метод денитрации азотнокислых растворов актинидов под действием МВИ с получением порошков оксидов актинидов, пригодных для последующего производства оксидного ядерного топлива

*(ГЕОХИ РАН, Лаборатория радиохимии, научные руководители темы: Куляко Ю.М., Мясоедов Б.Ф.).*

Утверждено Ученым советом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук  
Протокол заседания №11(8)  
от 28 декабря 2016 г.

Директор ГЕОХИ РАН  
чл.-к. РАН

  
(Ю.А. Костицын)

28 декабря 2016 г.