

Итоги Плаксинских чтений – 2023

2–6 октября 2023 г. в г. Москве состоялась Международная конференция «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2023). Открыл научное мероприятие идейный вдохновитель и сопредседатель оргкомитета – В. А. Чантурия, академик РАН, доктор технических наук, советник РАН, председатель Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н. В. Мельникова Российской академии наук». На конференции с пленарными лекциями и секционными докладами выступали известные и авторитетные учёные: действительные члены Российской академии наук, члены-корреспонденты РАН, доктора и кандидаты наук, представители компаний лидеров горного кластера, входящих в ассоциацию НП «Горнопромышленники России», а также молодые учёные. На заседаниях пяти секций делался акцент на современных проблемах, стоящих перед учёными и представителями бизнеса, рассматривались пути их эффективного решения на основе инновационных процессов комплексной и глубокой переработки стратегического минерального сырья. Тематические направления охватывали практически весь спектр актуальных вопросов, начиная с изучения минеральной составляющей, процессов рудоподготовки, физико-химических методов обогащения, гидрOMETALLURGических методов переработки труднообогатимого сырья и заканчивая утилизацией отходов горного производства, вкладом инжиниринговых компаний в импортозамещение. Научный форум принял решение Международной конференции, которое направлено на выполнение перечня поручений по результатам проверки исполнения законодательства и решений Президента, ориентированных на развитие перспективной минерально-сырьевой базы.

The Results of the Plaksin Readings – 2023

An international conference "Modern problems of complex and deep natural and non-traditional mineral raw materials processing" (Plaksin Readings – 2023) was held in Moscow on October 2–6, 2023. The scientific event was opened by the ideological inspirer and co-chairman of the organizing committee – V. A. Chanturia, academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of technical sciences, adviser of the Russian Academy of Sciences, chairman on problems of mineral enrichment of the scientific council of the Russian Academy of Sciences, chief researcher of the Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Integrated Subsoil Development Problems named after Academician N. V. Melnikov, Russian Academy of Sciences". Well-known and reputable scientists made plenary lectures and sectional reports at the conference. Among them were full members of the Russian Academy of Sciences, corresponding members of the Academy, doctors and candidates of sciences, representatives of the companies, who are the leaders of the mining cluster, members of the association NP "Mining Industry of Russia", as well as young scientists. The meetings were organized in the five sections. Great attention was paid to the current problems facing scientists and business representatives, and ways to effectively solve them based on innovative processes of complex and deep processing of strategic mineral raw materials. The thematic areas covered almost the entire range of topical issues, starting with the study of the mineral component, ore preparation processes, physical and chemical methods of enrichment, hydrometallurgical methods of processing difficult-to-enrich raw materials and with the result of mining waste disposal and contribution of engineering companies to the import substitution. The Scientific Forum adopted the decision of the International Conference, which is aimed at fulfilling the list of instructions based on the results of checking the legislation and presidential decisions implementation, aimed at developing a promising mineral resource base.

РЕШЕНИЕ Международной конференции «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2023).

Научный совет Российской академии наук по проблемам обогащения полезных

ископаемых, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н. В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «На-

циональный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ «МИСИС»), Отделение наук о Земле Российской академии наук провели 2–6 октября 2023 г. в г. Москве на базе НИТУ «МИСИС» международную конференцию «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2023).

В конференции приняли участие 23 члена Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, более 250 представителей из 67 организаций, в том числе 16 академических и 10 отраслевых институтов, 13 университетов и институтов, 3 зарубежных института, 6 крупных горно-металлургических компаний и 13 инжиниринговых компаний, в том числе 2 общественные организации, 3 редакции профильных научных журналов. В числе авторов докладов 3 действительных члена Российской академии наук, 2 член-корреспондента РАН, представители ассоциации НП «Горнопромышленники России», 45 докторов наук, 52 кандидата наук, 48 молодых учёных. На конференции было заслушано 13 пленарных лекций, на 5 секциях представлено 117 докладов.

«Плаксинские чтения» связаны с именем член-корреспондента АН СССР Игоря Николаевича Плаксина – всемирно известного учёного, основателя научной школы в области обогащения полезных ископаемых и гидрометаллургии редких, цветных и благородных металлов, дважды лауреата Государственной премии СССР. В память о нём, начиная с 1977 г., ежегодно проводятся международные научные конференции.

Место проведения глубоко символично. В университете НИТУ «МИСИС» (ранее Московская горная академия) с 1929 по 1967 г. чл.-корр. АН СССР Игорь Николаевич Плаксин преподавал, являлся деканом факультета цветных металлов и заведующим кафедрой металлургии благородных металлов.

Тематика конференции соответствует основополагающим документам по развитию минерально-сырьевой базы России, в том числе:

Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 г., утверждённой распоряжением Правительства РФ от 22.12.2018 г. № 2914, Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030) в соответствии с Постановлением Правительства РФ от

31.12.2020 г. № 3684-р., направление 1.5.7 *Горные науки*; 1.5.7.2 *Комплексная, технологически эффективная и экологически безопасная добыча, обогащение и глубокая переработка минерального сырья* и Постановлению Президиума РАН от 11 апреля 2023 г. № 70 «О состоянии и перспективах развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации».

Пленарные доклады конференции были посвящены анализу современного состояния минерально-сырьевой базы Российской Федерации, основным направлениям её развития для обеспечения сырьевыми ресурсами высокотехнологичных отраслей промышленности. Широкое обсуждение получили актуальные проблемы повышения эффективности процессов обогащения и гидрометаллургической переработки различных видов полезных ископаемых, разработка и использование новых технологий и оборудования для извлечения ценных компонентов, применение цифровых технологий в горном деле и обогащении.

В основополагающих докладах академика РАН Н. С. Бортникова (ИГЕМ РАН) «Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России: проблемы и перспективы» и академика РАН В. А. Чантурия (ИПКОН РАН) «Роль инновационных технологий обогащения и глубокой переработки минерального сырья в развитии минерально-сырьевой базы России» представлен детальный анализ современного состояния и стратегия развития минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации за счёт вовлечения в переработку комплексных руд сложного вещественного состава и техногенного сырья, показана роль новых отечественных технологий в обеспечении высокотехнологичной промышленности стратегическими металлами.

Р. И. Исмагиловым с соавторами (УК МЕТАЛЛОИНВЕСТ) сделан доклад о разработанной инновационной технологии производства железорудных «суперконцентратов» для получения DRI окатышей. Технология прошла успешные промышленные испытания на АО «Михайловский ГОК им. А. В. Варичева». Чл.-корр. РАН Т. Н. Александровой (СПБГУ) представлен обзор отечественных технологий переработки упорных золотосодержащих руд, рассмотрены проблемы и предложены пути их решения при обогащении данного вида сырья с применением энергетических, физико-химических воздействий для снижения фактора упорности руды к переработке

с одновременным повышением фактора экологической безопасности производства.

В пленарных лекциях ведущими учёными были также:

– обсуждены перспективы интенсификации процессов глубокой переработки алмазосодержащего сырья природного и техногенного происхождения, разработан комплекс инновационных физических и физико-химических методов повышения контрастности технологических свойств алмазов, обеспечивающих получение качественных концентратов широкого класса крупности в операциях тяжелосредной, магнитной липкостной и рентгенолюминесцентной сепарации;

– представлено научно-методическое обоснование минералогических критериев изучения и оценки месторождений упорных высокодисперсных полиминеральных руд, в том числе редкометального сырья и предложены новые отечественные хелатообразующие реагенты для флотационного извлечения цветных и благородных металлов из труднообогатимых руд;

– показаны результаты усовершенствования гидрометаллургических процессов с применением экологически безопасных растворителей на примере золотосодержащих, золотосурьмяных и урановых руд;

– дан анализ состояния технологий обогащения золотосодержащих россыпных и техногенных месторождений золота и предложены пути совершенствования схем и оборудования для гравитационного обогащения золотосодержащих песков;

– рассмотрен вопрос технологического суверенитета в минерально-промышленном комплексе России и возможности единой платформы по импортозамещению и предложено решение критических задач ресурсобеспечения за счёт глубокой и комплексной переработки горнопромышленных отходов;

– приведены уникальные сведения об истории создания и развития научно-педагогической школы обогатителей в стенах Московской горной академии – НИТУ «МИСИС».

На секции «Современные технологические решения в процессах переработки минерального сырья» представлено 11 докладов, в том числе 2 молодых учёных.

В докладах отражены актуальные вопросы создания цифровых двойников технологических процессов глубокой переработки минерального сырья. Кононенко Р. В. (Иркутский национальный исследовательский технический университет).

Представлены научно-методические основы создания эффективных технологий получения высококачественного железорудного сырья для DRI процессов в металлургии. Рассмотрены вопросы оптимизации конфигурации обогатительно-металлургического комплекса норильского дивизиона. Предложены подходы к разработке адаптивных моделей технологических систем переработки полезных ископаемых. Представлены результаты разработки и опробования технологии извлечения слабо- и аномально люминесцирующих алмазов в процессе РЛС с применением люминофорсодержащих реагентов-модификаторов, рассмотрена эффективная технология переработки окисленных руд месторождения Куранды в Кыргызской Республике флотационными способами, обоснованы результаты исследований по вовлечению в переработку лежалых отвалов предприятий золотодобывающей отрасли с целью расширения сырьевой базы, технологические решения экологических проблем теплоэнергетики, возможность обогащения высокосорбционно-активных золотосодержащих руд.

На секции «Технологическая минералогия, рудоподготовка, тонкое и сверхтонкое измельчение минерального сырья» представлено докладов 18, в том числе 5 докладов молодых учёных.

Рассмотрены минералого-технологические особенности нетрадиционных полезных ископаемых (каолины, бокситы, асфальтиты и др.), отличающихся комплексностью, с перспективой извлечения не только основных промышленно ценных минералов, но и сопутных (цветных, редких, в т. ч. редкоземельных минералов). Следует отметить доклады по технологической минералогии литиевых пегматитов, графита, графитсодержащих и угольных техногенных отходов, которые сегодня могут рассматриваться в качестве источника стратегически важных металлов. Большинство докладов по технологической минералогии были ориентированы на решение проблем импортозамещения конкретных видов минерального сырья. В рамках рассмотрения вопросов дезинтеграции и рудоподготовки было акцентировано внимание на методологических и практических аспектах управлением качеством подготовки сырья к процессам обогащения, в том числе селективному раскрытию минеральных сростков.

На секции «Флотация, гравитация, магнитная и электромагнитная сепарация» было заслушано 38 докладов, в том числе 10 до-

кладов молодых учёных. В докладах представлены новые технологические решения в области флотационных, гравитационных, магнитных, электромагнитных методов обогащения полезных ископаемых сложного минерального состава (в том числе, руды благородных, цветных, редких и тяжелых металлов, уголь, горно-химическое сырье и отходы горно-металлургической промышленности). Представлены результаты фундаментальных исследований в области теории флотации и механизмов взаимодействия реагентов с поверхностью минералов. В условиях сложившейся ситуации остро встает вопрос импортозамещения и ряд докладов был посвящён научному обоснованию и разработке новых классов флотационных реагентов, обеспечивающих повышение извлечения и качество получаемых концентратов из природного и техногенного сырья сложного вещественного состава. Перспективным направлением является применение термочувствительных полимеров, хелато- и комплексообразующих собирателей, сложных комплексных депрессоров для углеродистых компонентов и породообразующих минералов.

Ряд докладов посвящён вопросам совершенствования технологии и оборудования при обогащении минерального и техногенного сырья различного состава. Для магнетитовых руд обоснован реагентный режим обратной катионной флотации с получением концентрата высокого качества, а также обосновано применение диэлектрического барьерного разряда для повышения технологических показателей при флотационном обогащении железистых кварцитов. Предложены инновационные технологии переработки алмазосодержащего сырья с использованием селективных реагентов-модификаторов на поверхности алмазов, перспективные методом доводки железосодержащих материалов с использованием новых реагентных режимов, импульсных воздействий и новых конструкций магнитных гидроциклонов. В области переработки оловянных руд предложена усовершенствованная технология электромагнитной доводки гравикоцентратов. Для переработки отвалных хвостов обогащения угля рекомендовано использование винтовой сепарации, как экологичного и эффективного метода. Рассмотрены технологические решения в области совершенствования вспомогательных процессов (сгущение, водоподготовка и пр.).

На секции «Комплексная переработка минерального сырья. Гидрометаллургические процессы» представлено 18 докладов, в том числе 6 докладов молодых учёных. Тематика докладов охватывает актуальные вопросы и различные аспекты технологий комплексной и глубокой переработки минерального сырья различного генезиса.

Приведены результаты промышленного применения бактериального окисления железа при подземном выщелачивании урана на одном из объектов Республики Казахстан, показаны научно-методические основы и анализ применения разрядно-импульсных технологий в процессах селективной дезинтеграции и комплексной переработки минерального сырья, представлены результаты исследования влияния энергетических воздействий на кинетику выщелачивания РЗЭ из нетрадиционного сырья. В ряде докладов обсуждались актуальные вопросы переработки руд цветных металлов – медно-колчеданных, медно-никелевых, медно-порфирировых. Приведены результаты разработки эффективной технологии комплексной переработки обеднённых цинком медно-колчеданных руд с получением товарных медного и цинкового концентратов, а также исследований процесса биовыщелачивания никель-медной руды с применением термотолерантного микробного сообщества.

На секции также рассмотрены вопросы вовлечения в переработку техногенного и некондиционного сырья – лежалых хвостов, шламов, кеков выщелачивания, золошлаковых отходов и другого с целью доизвлечения драгоценных, редких и редкоземельных металлов, расширения сырьевой базы, решения экологических проблем недропользования. Представлены результаты исследования процесса извлечения РЗМ и циркония из азотнокислых растворов с применением в качестве сорбентов на основе сверхсшитого полистирола.

На секции «Переработка техногенного сырья. Экологические и экономические аспекты» заслушано 32 доклада, в том числе 12 докладов молодых учёных.

Обсуждались подходы к решению критических задач ресурсосбережения и повышения экологической безопасности при вовлечении в глубокую и комплексную переработку нетрадиционного минерального сырья – горнопромышленных отходов. В докладах представлены результаты научных исследований и новые технологические решения по вовле-

чению в эколого-ориентированную переработку техногенных вод алмазных предприятий, шлаков медеплавильного производства, графитированных металлургических пылей, лежалых хвостов золотоизвлекательных фабрик, пластовых рассолов газоконденсатных месторождений, вольфрамсодержащих техногенных отвалов, сыннырита, борогипса, отходов переработки фторсодержащего и других видов сырья. Показана перспективность получения из техногенного сырья новых продуктов и изделий: сорбентов тяжёлых металлов и нефтепродуктов, металлсодержащих концентратов, щелочных и редких металлов, пеносиликата и керамических материалов, безхлоридных калийсодержащих удобрений, волластонита, пигментов и др. Рассмотрены вопросы мониторинга природных экосистем по спутниковым данным, медико-экологического состояния в зоне влияния горнопромышленных предприятий, создания геохимических барьеров для очистки техногенных вод, рекультивации и фиторемедиации земель, нарушенных в процессе деятельности горно-обогатительных производств.

Конференция отмечает важность результатов научно-исследовательских работ, представленных в докладах на конференции. Доклады имеют высокий уровень, как фундаментальных, так и прикладных исследований. Экспериментальные результаты, научные разработки и предлагаемые технологии представляют несомненный интерес и будут востребованы в реальном секторе экономики.

Значительная часть докладов была представлена молодыми учёными, что подтверждает преемственность и высокий уровень научных школ в области обогащения полезных ископаемых. По результатам конкурса в рамках проведения конференции «Плаксинские чтения – 2023» за наиболее интересные теоретические и экспериментальные результаты в области переработки минерального сырья 6 (шесть) молодых ученых награждены дипломами и памятным подарками.

Особо следует отметить работу коллективов ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», НИТУ «МИСИС» и института ТОМС, разработавших инновационную технологию производства железорудных суперконцентратов на Лебединском ГОКе, пригодных для получения высококачественных DRI окатышей, а также позволяющую снизить негативное воздействие на экологическую среду. Данный продукт не имеет аналогов в мире.

Норильский дивизион ПАО «ГМК «Норильский никель» разработал и внедрил технологию обогащения отвального малоникелистого пирротинового продукта Талнахской обогатительной фабрики, проведена оптимизация конфигурации обогатительно-металлургических мощностей дивизиона с переработкой одной части дообогащенного продукта гидрOMETаллургическим способом, и другой – совместно с концентратом Норильской обогатительной фабрики на пирометаллургическом переделе, что обеспечило значительный технологический и экологический эффект.

Необходимо подчеркнуть вклад инжиниринговых компаний в импортозамещение: ООО НПК «СПИРИТ» разработал высокоэффективную экологически безопасную технологию извлечения россыпного золота из золотосодержащих отходов и технологические решения по вопросам «зеленой энергетики»; АО «СОМЕКС» создало отечественное промышленное оборудование для флотационного обогащения; ООО «НТЦ «БАКОР» – высокоэффективное оборудование для обезвоживания и фильтрации; ЗАО «ИТОМАК» – отечественное центробежное оборудование для обогащения рудного и россыпного золота; ООО НТЦ «ЭРГА» – электрические и магнитные сепараторы; ООО «ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС» наладил производство отечественных флотационных реагентов для извлечения цветных и благородных металлов; ООО «БЕНТОНИТ ХАКАСИИ» разработало новые композиции связующих для производства высококачественных железорудных окатышей. На полях конференции компания ООО «СИАМС» продемонстрировала свои разработки: современные методики и приборную базу оптико-геометрического анализа.

Конференция считает целесообразным: в соответствии с поручением Президента Российской Федерации от 28 июня 2022 г. № Пр-1130 для достижения технологического суверенитета и обеспечения высокотехнологичных отраслей промышленности России стратегическими металлами и другими ресурсами на основе комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья сконцентрировать исследования ведущих организаций и инжиниринговых компаний в области переработки минерального сырья на:

– развитию фундаментальных и прикладных исследований (ИПКОН РАН, ИППС КНЦ РАН, АК «АЛРОСА») по созданию новых

продуктов и материалов из нетрадиционного минерального сырья;

– разработке эффективных технологий (ВИМС, ИрННТУ, ГоИ КНЦ РАН) и проведение их апробации по извлечению лития из рудного сырья Колмозерского и Полмостундровского месторождений и рассолов;

– проведении совместных исследований академических институтов (ИПКОН РАН, ГиКНЦ РАН), вузов (СПбГУ, ИрННТУ) и инженерных компаний (ООО «ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС») по созданию отечественных реагентов собирателей и модификаторов;

– проведение укрупнённых испытаний новых технологий (ИПКОН РАН, МГТУ им. Г. И. Носова, АК «АЛРОСА») по обогащению отходов обогащения медно-цинковых руд и извлечению ценных компонентов из техногенных вод и получения вторичной продукции при обогащении алмазсодержащих кимберлитов;

– разработку гравитационно-магнитной технологии (ВИМС, АО «Запсибруд») получения марганцевых концентратов из труднообогатимых марганцевых руд месторождений Усинское и Порожинское;

– развитию исследований по научному обоснованию и разработке физико-химических основ технологий комплексной и глубокой переработки отходов с получением селективных минеральных сорбентов редких и редкоземельных элементов на основе сапонитов и смектитов; удобрений и глинозема на основе сынныритов; пигментов на основе диоксида титана и оксида железа; игольчатого волластонита из отходов производства борной кислоты на базе Дальневосточного ГОКа; щелочных и редких металлов из техногенных месторождений Ярославского ГОКа;

– разработке и экспериментальной апробации экологозащитных бесцианидных, гравитационных, комбинированных и других технологий переработки хвостов обогатительных фабрик;

– развитие исследований, направленных на мониторинг состояния окружающей среды горнопромышленных предприятий и

совершенствования технологий оборотного водоснабжения.

Провести в 2024 г. Плаксинские чтения – 2024 «Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки редкометалльного сырья и комплексных руд цветных и чёрных металлов», которые пройдут в Горном институте Кольского научного центра РАН (г. Апатиты).

Работа Международной конференции «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2023) освещалась в средствах массовой информации (он-лайн ресурс НИТУ «МИСИС»).

Материалы конференции опубликованы в сборнике «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2023), 3–6 октября 2023 г. – М.: Спутник, 2023. – 567 с., ISBN 978-5-9973-6703-9; DOI: <https://doi.org/10.25663/6703-9>, постатейно размещаются на сайте научной электронной библиотеки (elibrary.ru), интегрированной с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ), электронная версия доступна на сайте Плаксинских чтений.

Конференция обращается с просьбой к редакциям журналов, входящих в издательскую группу «Руда и металлы», редакции журнала «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых» и «Вестник ЗабГУ» поместить информацию о проведенной международной конференции «Плаксинские чтения – 2023» и опубликовать наиболее интересные доклады в специальных выпусках.

Участники выражают благодарность генеральному спонсору ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», титульному спонсору Группе компаний ТОМС за финансовую поддержку в организации конференции и признательны НИТУ «МИСИС» за проведение конференции на высоком научно-техническом уровне.