

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.067.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ
ИМ. В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 4 декабря 2020 г. N 03/10

О присуждении Хусаиновой Альфии Шамилевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Поведение золота в техногенно-минеральных образованиях месторождений золото-сульфидного типа»** по специальности 25.00.11 – «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения», принята к защите 25 сентября 2020 г., протокол № 03/8 диссертационным советом Д 003.067.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3) приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель **Хусаинова Альфия Шамилевна**, 1994 года рождения, в 2017 году с отличием окончила специалитет геологического факультета Пермского государственного университета по направлению «Прикладная геология» со специализацией «Горный инженер-геолог». В 2020 году окончила очную аспирантуру при Новосибирском государственном университете по специальности 05.06.01 «Науки о Земле» по направлению 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых». Работает младшим научным сотрудником в ФГБУН Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории прогнозно-металлогенических исследований ФГБУН Института геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук **Калинин Юрий Александрович**, лаборатория прогнозно-металлогенических исследований ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты: 1) **Макаров Владимир Александрович**, доктор геолого-минералогических наук, директор Института горного дела, геологии и геотехнологий; заведующий кафедры геологии месторождений и методики разведки ФГАОУ ВО Сибирского федерального университета; 2) **Юркевич**

Наталья Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией гидрохимии ФГБУН Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, ведущий научный сотрудник; **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, в своем положительном заключении, подписанном **Никифоровой Зинаидой Степановной**, доктором геолого-минералогических наук, лаборатория геологии и минералогии благородных металлов, главный научный сотрудник, и **Анисимовой Галиной Семеновной**, кандидатом геолого-минералогических наук, лаборатория геологии и минералогии благородных металлов, ведущий научный сотрудник, указала, что представленная диссертационная работа вносит существенный вклад в решение актуальной научной проблемы – поведение золота в техногенно-минеральных образованиях, содержит научную новизну и практическую значимость. Диссертация отвечает всем квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК, установленным соответствующим Положением о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе 2 по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1) **Хусаинова А.Ш.**, Наумов В.А., Наумова О.Б. Дифференциация частиц золота из отвалов гравитационного обогащения руд Тарданского месторождения // «Вестник Пермского государственного университета. Геология», 2019, Т. 18, № 3, с. 276-285. DOI: 10.17072/psu.geol.18.3.276;

2) **Хусаинова А.Ш.**, Гаськова О.Л., Калинин Ю.А., Бортникова С.Б. Физико-химическая модель преобразования золота в продуктах переработки руд колчеданно-полиметаллических месторождений (Салаирский кряж, Россия) // Геология и геофизика, 2020, т. 61, № 9, с. 1181-1193, DOI: 10.15372/GiG2020120.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: 1) Кузнецова И.В., к.г.-м.н., с.н.с. лаборатории наноминералогии Института геологии и природопользования ДВО РАН; 2) Майорова Т.П., к.г.-м.н., с.н.с, доцент кафедры экологии и геологии института естественных наук; 3) Сначёв В.И., д.г.-м.н., г.н.с., профессор Института геологии УФИЦ РАН; 4) Будяк А.Е., к.г.-м.н., зам. директора Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН; 5) Мурзин В.В., д.г.-м.н., г.н.с. лаборатории геохимии и рудообразующих процессов ФГБУН Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН; 6) Лаломов А.В., д.г.-м.н., в.н.с. лаборатории геологии рудных месторождений и металлогении им. академика А.Г. Бетехтина ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН; 7) Абрамов Б.Н., д.г.-м.н., в.н.с. лаборатории геохимии и рудогенеза ФГБУН Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН; 8) Поцелуев А.А., д.г.-м.н., профессор, главный геолог ООО «КосмоГеопро»; 9) Наумов В.А., д.г.-м.н., директор Естественно-научного института Пермского национального исследовательского университета, профессор кафедры поисков и разведки ПГНИУ; Наумова О.Б., д.г.-м.н., заведующая

кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых ПГНИУ; Осовецкий Б.М., д.г.-м.н., профессор, заведующий сектором наноминералогии ПГНИУ; 10) Сердюков А.Н., ведущий геолог ТОО «GEO KZ»; 11) Ворошилов В.Г., д.г.-м.н., профессор отделения геология Инженерной школы природных ресурсов ФГАОУ ВО Томского политехнического университета; 12) Дамдинов Б.Б., д.г.-м.н., зам. директора по научной работе ФГБУН Геологического института СО РАН; 13) Перегудов В.В., директор ТОО «КРИЦ – НТК»; 14) Волков А.В., д.г.-м.н., зав. лаборатории геологии рудных месторождений ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН; 15) Яблокова С.В., к.г.-м.н., с.н.с. отдела экзогенных месторождений благородных металлов ФГБУ ЦНИГРИ; Шатилова Л.В., с.н.с. отдела экзогенных месторождений благородных металлов ФГБУ ЦНИГРИ; 16) Баранников А.Г., д.г.-м.н., профессор кафедры геологии, поисков и разведки МПИ Уральского государственного горного университета; 17) Макаров А.Б., д.г.-м.н., профессор кафедры геологии, поисков и разведки МПИ Уральского государственного горного университета; Хасанова Г.Г., к.г.-м.н., доцент кафедры кафедры геологии, поисков и разведки МПИ Уральского государственного горного университета; 18) Прудников С.Г., к.г.-м.н., зав. лаборатории ФГБУН Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН; 19) Кислов Е.В., к.г.-м.н., снс, доцент, зав. лаборатории геохимии и рудообразующих процессов Геологического института СО РАН; 20) Третьяков А., д.г.-м.н., главный геолог ТОО «Geomonitoring Systems».

В отзывах отмечено, что несомненным достижением работы являются результаты моделирования поведения золота в экзогенных условиях, которые при дальнейшем развитии могут быть положены в основу разработки технологий внутриотвального обогащения, т.е. направленного формирования высоких концентраций золота в техногенно-минеральных образованиях. Основные замечания касаются: 1) оформления текста диссертации и автореферата, терминологии, громоздкости защищаемых положений (ведущая организация, Волков А.В., Будяк А.Е., Мурзин В.В., Лаломов А.В., Ворошилов В.Г., Дамдинов Б.Б., Яблокова С.В., Шатилова Л.В., Юркевич Н.В., Макаров В.А.); 2) интерпретации данных по типоморфным характеристикам золота (ведущая организация, Юркевич Н.В., Мурзин В.В., Волков А.В., Яблокова С.В., Шатилова Л.В., Баранников А.Г.); 3) интерпретации данных по физико-химическому моделированию (Юркевич Н.В., Мурзин В.В., Лаломов А.В.); 4) правомерности сравнения золота из техногенно-минеральных образований месторождений разных генетических типов (Макаров В.А., Поцелуев А.А.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Макаров В.А. и Юркевич Н.В. являются высококвалифицированными специалистами в области геохимии золота и техногенно-минеральных образований. Оппоненты имеют целый ряд публикаций в соответствующей данной диссертационной работе сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (ИГАБМ СО РАН) обосновывается тем, что она имеет структурные подразделения, направление научно-исследовательской

деятельности которых полностью соответствуют тематике диссертации (лаборатория геологии и минералогии благородных металлов), специалисты лаборатории могут объективно оценить и аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: определены основные минералого-геохимические характеристики, условия миграции и концентрирования золота в техногенно-минеральных образованиях месторождений золото-сульфидного типа; в первые **разработана** физико-химическая модель, объясняющая поведение золота в хвостохранилищах продуктов переработки высокосульфидных руд; **установлены** главные факторы осаждения комплексов золота из поровых вод и типы геохимических барьеров; **выделены и систематизированы** типоморфные признаки преобразования золота в техногенно-минеральных образованиях и его отличия от рудного и россыпного золота соответствующих месторождений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1. В техногенно-минеральных образованиях сульфидного типа золото подвергается процессам растворения, миграции и осаждения. Происходит укрупнение золотин, формирование наростов Au разных форм и размеров на поверхности самородных частиц и образование сростков Au с гипергенными минералами.

2. Специфика минеральных парагенезисов техногенно-минеральных образований (обилие пирита и выделений самородной серы) определяет условия миграции золота. В области метастабильной устойчивости FeS_2 , Au неизбежно осаждается на его поверхности при достижении пересыщения поровых вод ($\text{pH } 4$, $\text{Au}(\text{HS})_2^- > 10^{-6}$ мг/л). При развитии процесса, в условиях образования $\text{S}_{(\text{эл})}$, происходит резкое увеличение миграционной способности золота за счет образования прочных тиосульфатных комплексов $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ (до 10^{-3} мг/л при $\text{pH } 1.6$). Именно их распад приводит в обильному переосаждению Au^0 на окислительно-восстановительных барьерах в теле отвала.

3. Вне зависимости от типа складирования вещества, способа обогащения и размерности самородных частиц, в техногенно-минеральных образованиях золото активно подвергается поверхностным процессам преобразования, благодаря взаимодействию вода-порода. В хвостохранилищах насыпного типа преобразование вещества происходит по аналогии с корами выветривания. При этом, главенствующими являются химические процессы преобразования золота, которые лучше проявляются при обилии сульфидных минералов и наличии ртути. Намывные ТМО близки к россыпным объектам, где определяющими являются механические процессы с незначительной трансформацией поверхности золотин.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов. Всего в работе выполнено >300 определений химического состава золота методом микрозондового анализа, изучено >500 частиц золота на сканирующем электронном микроскопе, определено содержание

Au и Ag в 36 пробах методом атомно-абсорбционной спектрометрии, элементный состав в 9 пробах методом рентгено-флуоресцентного анализа, 6 определений содержаний Au и Ag в поровых растворах методом масс-спектрометрического анализа с индуктивно-связанной плазмой.

В диссертационной работе **изложены** новые данные по типоморфным характеристикам золота из техногенно-минеральных образований месторождений: Ново-Урского, Белоключевского (Салаирский кряж), Змеиногорского (Рудный Алтай), Акжал, Яковлевское, Президент, Даубай (Вост. Казахстан); **раскрыты** признаки, доказывающие активное гипергенное преобразование золота в техногенно-минеральных образованиях месторождений высокосульфидного типа; **предложена** физико-химическая модель поведения золота и сопутствующих минеральных парагенезисов для высокосульфидных техногенно-минеральных образований и охарактеризован образующийся горизонт вторичного золотого обогащения; **изучена** степень преобразования золота в техногенно-минеральных образованиях для месторождений разных генетических типов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что установлен горизонт вторичного золотого обогащения в техногенно-минеральных образованиях Ново-Урского месторождения и обосновано образование аналогичных горизонтов в других техногенно-минеральных образованиях золото-сульфидного типа, **доказана** перспективность повторной переработки техногенно-минеральных образований месторождений золото-сульфидного типа на примере Ново-Урского, Белоключевского и Змеиногорского хвостохранилищ, **представлены** типоморфные характеристики золота, которые можно использовать для совершенствования технологий и схем обогащения и извлечения металлов, а также в перспективе для управления процессами искусственного формирования зон с повышенными концентрациями золота и других рудных компонентов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: результаты работ получены на современном сертифицированном оборудовании для минералого-геохимических, геохимических исследований: содержание Au и Ag определены методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) с использованием спектрометра 3030 В (Perkin-Elmer) (ИГМ СО РАН, Новосибирск); элементный состав проб определен рентгено-флуоресцентным анализом (РФА) – спектрометр ARL-9900XP (Thermo Fisher Scientific Ltd) (ИГМ СО РАН, Новосибирск); содержание Au и Ag в поровых растворах определено методом масс-спектрометрического анализа с индуктивно-связанной плазмой (ИСП МС) (ХАЦ «Плазма», Томск). Детальное исследование состава минералов проводилось методом ЭДС на аппарате сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA 3LMU (Oxford Instruments) (ИГМ СО РАН, Новосибирск) и на установке JEOL JSM 6390LV (ПГНИУ, Пермь). Химический состав золота определялся методом локального микрорентгеноспектрального (микрозондового) анализа (МРСА) на установке Camebax micro (Cameca, Франция) (ИГМ СО РАН, Новосибирск). Термодинамическое моделирование проведено с помощью пакета

программ «НСh 0.6», включающего базу термодинамических данных «UNITHERM».

Теория построена на основе интерпретации результатов, полученных в ходе исследования самородного золота и вмещающего его вещества из золотосодержащих хвостохранилищ месторождений Ново-Урское, Белоключевское, Змеиногорское. **Идеи диссертации** базируются на общепринятых моделях и представлениях о преобразованиях золота в гипергенных условиях [Билибин, 1937; Петровская, 1973; Шило, 2002; Моисеенко, Палажченко, 2003; Калинин и др., 2006, 2009; Наумов, 2010; Reith et al., 2012; Николаева и др., 2015; Осовецкий, 2016; Shuster, Reith, 2018; Wierchowiec et al., 2018; Dunn et al., 2019]. **Для сравнительной характеристики** использованы результаты исследований [Наумов, 2010; Литвинцев и др., 2016; Kirillov et al., 2018; Wierchowiec et al., 2018; Кузнецова и др., 2019]. **Установлено**, что полученные соискателем результаты согласуются и существенно дополняют данные предшественников о мобильности золота в техногенно-минеральных образованиях в гипергенных условиях, являющиеся научно обоснованными и аргументированными.

Личный вклад соискателя состоит в отборе и обогащении исходных проб, подготовке образцов и препаратов для аналитических исследований, минералогическом изучении минералов на микрозонде и электронном сканирующем микроскопе, проведении термодинамического моделирования, в анализе опубликованных и фондовых материалов по геохимии Au в гипергенных условиях и собственных результатов исследования. Изложение полученных данных в виде статей, тезисов и докладов на конференциях.

На заседании 4 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Хусаиновой Альфии Шамилевне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 18 человек (13 членов совета присутствовало на заседании, 5 членов совета присутствовали в интерактивном режиме), из них 9 докторов наук по специальности 25.00.11, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за -18, против - 0.

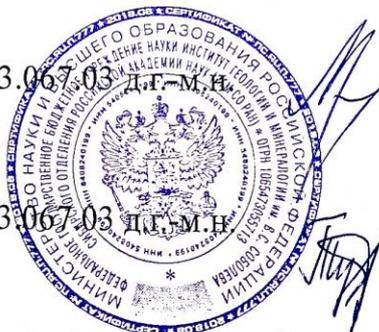
Заместитель председателя

диссертационного совета Д 003.067.03 д.г.м.н.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 003.067.03 д.г.м.н.

8.12.2020 г.



Изох А.Э.

Туркина О.М.