



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

IX Международная научно-
практическая конференция



СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

ФГБУ «ЦНИГРИ»
МОСКВА 2019

ФЕДЕРАЛЬНОЕ агентство по недропользованию

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных и благородных металлов
(ФГБУ «ЦНИГРИ»)**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**IX Международная научно-практическая конференция
(17–19 апреля 2019 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»)**

**Москва
ФГБУ «ЦНИГРИ»
2019**

УДК [553.3/4+553.5/7].043+558

Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. (17–19 апреля 2019 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). М.: ЦНИГРИ. 2019. 252 с.

В сборник включены 191 докладов, представленных на конференции. Цель конференции – развитие научно-методических основ прогноза, поисков и оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов (АБЦМ), определение направлений работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы АБЦМ. В тезисах докладов отражены принципы планирования и реализации федеральных ГРР, научно-методические основы комплексирования геологических, геохимических, геофизических методов прогноза, поисков и оценки месторождений, комплексные модели месторождений для целей прогноза, поисков, оценки и разведки, оптимизация и координация работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению федеральных ГРР, передовой опыт проведения ГРР по воспроизводству минерально-сырьевой базы России, инновационных технологий ГРР.

Научно-техническое издание

Сдано в набор 01.04.2019. Подписано в печать 08.04.2019

Полиграфическая база ЦНИГРИ
117545, Варшавское шоссе, дом 129, корп. 1

ISBN 978-5-85657-028-0

© Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов
(ФГБУ «ЦНИГРИ»), 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Планом выставочных мероприятий, конференций и научных совещаний Федерального агентства по недропользованию на 2019 г. на ФГБУ «ЦНИГРИ» возложена ответственность за подготовку и проведение IX Международной научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов».

Конференция проводится при поддержке Федерального агентства по недропользованию, Российской академии наук, Российского геологического общества 17–19 апреля 2019 г. в г. Москве, ФГБУ «ЦНИГРИ».

Цель конференции – развитие научно-методических основ прогноза, поисков и оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов (АБЦМ), определение направлений работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы АБЦМ.

Тематика конференции:

- минерагения АБЦМ;
- приоритетные направления прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ на АБЦМ;
- актуальные вопросы лицензирования недр;
- перспективные объекты для постановки геологоразведочных работ на АБЦМ различных стадий;
- опыт проведения и результаты геологоразведочных работ на объектах АБЦМ разной степени изученности, в том числе, на участках, подлежащих лицензированию по «заявительному принципу»;
- научно-методические основы комплексирования геологических, геохимических, геофизических методов прогноза, поисков и оценки месторождений АБЦМ;
- использование комплексных моделей месторождений для целей прогноза, поисков, оценки и разведки АБЦМ;
- разработка и реализация инновационных методов, методик и технологий ГРП на АБЦМ.

Состав организационного комитета: председатель – Киселев Е.А. (Роснедра); сопредседатели – Аксенов С.А. (Роснедра), Морозов А.Ф. (Роснедра), Черных А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Иванов А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Орел А.В. (Минприроды России), Орлов В.П. (РосГео); члены оргкомитета – Аксенов Е.М. (ФГУП ЦНИИгеолнеруд), Аракчеев Д.Б. (ФГБУ «Росгеолфонд»), Бортников Н.С. (ИГЕМ РАН), Верчеба А.А. (МГРИ-РГГРУ), Гаранин К.В. (АК «Алроса»), Гудков С.В. (ФГКУ «Росгеолэкспертиза»), Игнатов П.А. (МГРИ-РГГРУ), Кашуба С.Г. («Союз золотопромышленников России»), Коренюк М.К. (АО «Полюс»), Коронкевич К.А. (Роснедра), Косьянов В.А. (МГРИ-РГГРУ), Крук Н.Н. (ИГиМ СО РАН), Макаров В.А. (ИГДГиГ), Машковцев Г.А. (ФГБУ «ВИМС»), Михайлов Б.К. (АО «Росгеология»), Петров О.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Похиленко Н.П. (ИГиМ СО РАН), Пушаровский Д.Ю. (МГУ им. М.В.Ломоносова), Руднев А.В. (Роснедра), Сафонов Ю.Г. (ИГЕМ РАН), Ситников В.В. (АО Норильскгеология), Спиридонов И.Г. (ФГБУ «ИМГРЭ»), Старостин В.И. (МГУ им. М.В.Ломоносова), Таракановский В.И. («Союз старателей России»), Толстов А.В. (НИИ ГП АК «Алроса»), Трушин С.И. (АО «Полиметалл» УК), Фаррахов Е.Г. (РосГео), Шпуров И.В. (ФБУ «ГКЗ»), Щендригин А.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»).

На конференцию заявлено 191 докладов из 84 организаций и предприятий Роснедра, РАН, ВУЗов, организаций-недропользователей.

Тезисы в сборнике расположены внутри разделов в алфавитном порядке по фамилии первого автора. Тезисы не рецензировались, печатаются в авторской редакции.

АЛМАЗЫ

Афанасьев В.П., Похиленко Н.П. (ФГБУ ИГМ СО РАН) СТРУКТУРА АЛМАЗОНОСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКА КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

Нами разрабатывается новая парадигма алмазности Сибирской платформы, предусматривающая существование докембрийской эпохи алмазного магматизма.

Ранее предположения о докембрийской алмазности были высказаны в работах (Горина, 1973, Метелкина и др., 1975, 1976). Позднее глубинные минералы (главным образом пиропы) были обнаружены в нижнекембрийских отложениях (Шамшина, 1986), в вендских отложениях (Граханов 2010, фондовые материалы).

Нами выделена группа алмазов из россыпей Сибирской платформы, которые «не вписываются» в комплекс алмазов из фанерозойских кимберлитов; эти алмазы по комплексу признаков (Афанасьев и др., 2011) мы относим к докембрийской эпохе алмазного магматизма. К предположительно докембрийским относятся: 1) алмазы V+VII разновидностей по классификации Ю.Л. Орлова, которые полностью отсутствуют в фанерозойских кимберлитах и являются эндемичными для северо-востока Сибирской платформы; 2) желто-оранжевые кубоиды II разновидности, доля которых в россыпях северо-востока платформы несопоставимо выше, чем в кимберлитах, они также эндемики северо-востока; 3) округлые додекаэдрониды, доля которых в россыпях также несопоставимо выше, чем в кимберлитах, но они распространены по всей платформе и характерны для докембрийских формаций мира. Отмечается четкое тяготение докембрийских алмазов к выступам докембрия (Метелкина и др., 1976, Афанасьев и др., 2009). Это важнейший фактор, указывающий на поступление этих алмазов с выступов докембрия.

Потенциально докембрийские алмазы появляются в фанерозойских промежуточных коллекторах начиная с позднего триаса; в средне-позднепалеозойских коллекторах они отсутствуют. Это связано с тем, что именно с начала мезозоя активно начали воздыматься и обнажиться докембрийские породы на Анабарском щите, Оленекском поднятии, Уджинском поднятии, Алданском щите, Восточном Саяне, Енисейском кряже и из обнажившихся докембрийских россыпей алмазы стали поступать в фанерозойские осадки, смешиваясь с алмазами и индикаторными минералами из кимберлитов.

Пока не известны типы коренных источников указанных выше алмазов. А по наличию пиропов в нижнекембрийских отложениях, но пока без алмазов, можно предполагать существование лампроитов в докембрии.

Действующая парадигма алмазности исходит из существования только фанерозойских алмазных пород – кимберлитов, и опирается на поиск кимберлитов по их индикаторным минералам. Это не применимо для докембрийских источников, пока на них невозможно сформулировать четкую поисковую задачу. Поэтому за докембрийскими алмазами следует оставить перспективы только россыпной алмазности, а реальным коренным объектом поисков останутся кимберлиты, в первую очередь среднепалеозойского возраста.

**Ащепков И.В., Логвинова А.М., Афанасьев В.П. (ФГБУ ИГМ СО РАН),
Иванов А.С., Толстов А.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))**
**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОНОМИНЕРАЛЬНОЙ ОКСИ И ТЕРМОБАРОМЕТРИИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ**

Для оценок потенциальной алмазности кимберлитовых трубок, россыпей и других объектов обычно используется процент попадания точек индикаторных минералов кимберлитов (КИМ) на классификационные диаграммы для отдельных типов КИМ, наиболее распространенной из которых является $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ для пироп-хромитовых гранатов (Sobolev et al, 1973), $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ для хромшпинелидов или $\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ для ильменитов. Однако известны верлитовые ассоциации с малохромистыми пиропами, эклогитовые, мекгакристовые ассоциации, доля которых иногда велика и не учитываются. окислительные условия, которые ответственны за форму нахождения углерода. Нами предлагается использовать для подсчета алмазности конкретные определения РТ-FO2 параметров не только для этих минералов, но и для эклогитовых гранатов, пиропов мекгакристового типа, орто- и клинопироксенов, а также оливинов, по опубликованным мономинеральным методам (Ashchepkov et al., 2010–2017; Brey, Kohler, 1990; McGregor, 1974; Nimis, Taylor 2000; De Hoog, 2010). Для окислительных условий используется диаграмму Р-FO2 с полями по (Stagno, Frost, 2015) и оценками по Gudmussion, Wood, 1995; Taylor et al., 1998; Ashchepkov et al., 2011). Методы объединены в зарегистрированную программу термобарометров, написанную на ФОРТРАНЕ, к (Ащепков, 2011). Программа производит расчет РТFO2 условий, которые наносятся на серию диаграмм ($P-T$; $P-\text{Fe}\%$ Р-FO2), где каждая область проградуирована в изолиниях, отображающих % попадания в алмазные парагенезисы. Изолинии определены на основании РТХFO2 оценок для алмазных ассоциаций и включений в алмазах Якутии (Logvinova et al., 2005, Spetsius et al, 2008; Буланова, 1995) (>2000) и всего Мира (>4000) из опубликованных источников. Оценки и градуировки выполнены статистическими методами.

Вероятности отнесения к алмазности ассоциации на 2-х диаграммах $P-T$; $P-\text{Fe}\%$; складываются и умножаются на градуировки в более существенном поле $-(P-\text{FO2})$. Значения градуировок и деления в поля с изолиниями предполагается вставить непосредственно в программу, которая выдавать цифровые значения алмазности. Значения вероятности для каждого зерна и типа КИМ усредняются.

В дальнейшем планируется провести работу для оценки алмазных парагенезисов которые часто коррелируются с типом и габитусом алмазов. Известно, что кимберлиты (групп I – II) и лампроитовый типы обладают некоторой спецификой ассоциаций, что может позволить делать оценки для источников алмазов в россыпях.

Данные оценки проверяются на кимберлитовых объектах с известной алмазностью и типом парагенезиса для Якутской кимберлитовой провинции.

Для оценок алмазности и разбиения использованы д на парагенезисым кластерные группы, выделенные А.С. Ивановым при обработке. 70000 анализов гранатов их кимберлитов и других КИМ

Грант РФФИ 19-05-00788

Бабаянц П.С., Калмыков Б.А., Контарович О.Р., Трусев А.А.
(АО «ГНПП «Аэрогеофизика»)
СОВРЕМЕННЫЕ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОИСКАХ
КИМБЕРЛИТОВ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Поиски коренных месторождений алмазов являются одним из основных направлений работ АО «ГНПП «Аэрогеофизика», при этом в XXI веке основные объемы работ были сосредоточены в Архангельской алмазоносной провинции: из 26 съемочных площадей указанного целевого назначения на ее долю пришлось 19.

Несмотря на то, что за прошедшие с открытия первой на территории СССР кимберлитовой трубки 60 лет для поисков коренных месторождений алмазов были опробованы едва ли не все существующие геофизические методы и их модификации, до недавнего времени комплекс методов поисков подобных объектов за редким исключением включал аэромагнитную съемку и шлиховое опробование. Однако в последние годы проявилась тенденция все более широкого использования аэроэлектроразведочных технологий, в первую очередь – аэровариант метода переходных процессов (АМПП, в западном написании – Time Domain).

К настоящему моменту имеются примеры эффективного использования аэроэлектроразведки для поисков кимберлитов в Африке и Якутии. В то же время опыт применения таких технологий в Архангельской провинции (хотя и довольно скудный) оказался негативным. Тем не менее, по нашему мнению, использование АМПП в регионе имеет хорошие перспективы в силу того, что эти технологии постоянно развиваются. В настоящее время это развитие идет в направлении увеличения магнитного момента генераторного диполя, использование систем с двумя импульсами, регистрации характеристик как спада, так и насыщения, учета влияния и извлечения информации о поляризуемости разреза.

Кимберлитовые трубки Архангельской алмазоносной провинции характеризуются в основном весьма малой контрастностью, территория заражена наличием приповерхностных геологических и техногенных помех, что осложняет наземную заверку перспективных объектов. Это с одной стороны диктует необходимость выполнения детальных (масштаба 1:10 000 и 1:5 000) съемок, а с другой стороны – использования специальных методов разбраковки аномалий, основанных на физико-математическом моделировании с привлечением технологий распознавания образов. Привлечение дополнительного информационного канала в виде современной электроразведки АМПП позволит существенно повысить надежность выделения аномалий и достоверность их разбраковки. В этой связи апробация и внедрение современных модификаций метода в районе является в настоящее время крайне важной задачей.

Результаты переинтерпретации ретроспективных данных свидетельствуют, что использование современных методов выделения и классификации аномалий только по магнитному полю позволяют выделить до 30% новых аномалий первой очереди и более 50% аномалий второй очереди (по отношению к выделенным ранее). Анализ результатов заверки показывает, что до 80% выделяемых ранее аномалий требует дозаверки и перезаверки. В связи с этим ревизия результатов ранее выполненных работ представляется крайне актуальной задачей.

Богуш И.Н., Кедрова Т.В., Липашова А.Н. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ГЕНЕЗИС АЛМАЗОВ ДОДЕКАЭДРОИДНОГО
ГАБИТУСА II РАЗНОВИДНОСТИ

Алмазы II разновидности по Ю.Л. Орлову практически отсутствуют в выявленных кимберлитовых телах Якутии (обычно не более 1%), но широко распространены в россыпях различного возраста и генезиса северо-востока Сибирской платформы. Так повышенное содержание алмазов II разновидности (до 15%) отмечается в россыпях Среднеоленинского и Куонамского алмазоносных районов, а в изученных геологических пробах р. Силигиркээн, р. Эйекит и р. Улаах-Муна таких кристаллов около 50%. Доля алмазов додекаэдронного габитуса II разновидности в некоторых россыпях (р. Маят, Моргогор, Муна, Большая Куонамка и др.) превышает 40% от общего количества кристаллов этой разновидности.

Средний вес алмазов II разновидности из россыпей является относительно более высоким (около 32 мг) по сравнению с кимберлитовыми телами (около 4 мг). Большинство из них несут характерные признаки растворения, на поверхности часто наблюдаются скульптуры травления в виде шрамов, четырехугольных впадин. На месте ребер находятся округлые поверхности, которые определяют габитус кристаллов с образованием характерных кривогранно-округлых форм. Только у единичных кристаллов этой разновидности отмечаются признаки механического износа. Иногда в алмазах присутствуют групповые включения графита, реже встречаются включения сульфидов. Алмазы имеют в основном желто-зеленое свечение в УФ-лучах, обычно небольшие (до 400 at.ppm) концентрации примеси азота как в А, так и С-формах, низкие концентрации примеси водорода. Повышенные (400–1000 at.ppm) концентрации азота установлены у небольшого количества алмазов II разновидности (менее 10%), представленных в основном желто-оранжевыми кубами и только в отдельных случаях – додекаэдрами.

Изучение внутреннего строения додекаэдрондов из россыпи р. Анабар методами рентгеновской катодоллюминесценции и ИК-спектроскопии показало, что округлая форма кристаллов II разновидности является следствием частичного растворения алмазов кубического габитуса. В спектрах микровключений исследованных кристаллов выявлены полосы поглощения карбонатных фаз на 1450 см^{-1} и 876 см^{-1} и полос валентных колебаний воды в гидроксильных группах О-Н в области $3400\text{--}3800\text{ см}^{-1}$. Максимальные значения интенсивности поглощения этих полос характерны для промежуточной области и не наблюдаются в центре и на периферии кристаллов.

Для исследованных алмазов II разновидности отмечаются широкие вариации изотопного состава как в кимберлитовых телах (вариацией $d^{13}\text{C}$ от $-4,76\text{‰}$ до $-14,5\text{‰}$), так и в россыпях северо-востока Якутии (от $-5,72\text{‰}$ до $-19,99\text{‰}$) при большем обогащении легким изотопным углеродом алмазов из россыпей. В среднем изотопный состав углерода в кристаллах II разновидности из осадочных отложений более легкий, чем среднемантийные значения, что может указывать на участие морских карбонатов как источника углерода при образовании этих алмазов.

Малая степень агрегации азота, обогащенность легким изотопом $d^{12}\text{C}$, содержание в микровключениях карбонатных фаз и воды в гидроксильных группах О-Н позволяют сделать вывод о том, что додекаэдронды II разновидности образуются незадолго до их выноса на поверхность Земли при участии карбонатного флюида/расплава и углеродного вещества, прошедшего субдукционный геодинамический цикл.

Практически полное отсутствие додекаэдрондов II разновидности в известных кимберлитовых телах Якутии и их относительно высокая частота встречаемости в некоторых россыпях

северо-востока Сибирской платформы свидетельствует о возможности обнаружения новых коренных источников с повышенным содержанием таких кристаллов, предположительно, на территории Среднеоленинского и Куонамского алмазоносных районов.

Божко Н.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
НАПРАВЛЕННОСТЬ И ЦИКЛИЧНОСТЬ В ЭВОЛЮЦИИ
АЛМАЗОНОСНОГО МАГМАТИЗМА

Анализ распространения во времени алмазоносных кимберлитов и лампроитов обнаруживает четкую тенденцию увеличения активности алмазоносного магматизма в истории Земли от докембрия к фанерозою. Около 95% датированных кимберлитов оказываются моложе 750 млн лет, хотя их первые единичные тела известны с архея. При этом устанавливается неравномерный, непрерывно-дискретный характер этой эволюционной направленности с резким скачком в мезопротерозое, на уровне около 1000 млн лет. Это время отмечено также созданием первого месторождения промышленного класса Премьер. Данное явление не объяснено полностью. Возможно оно связано с общим непрерывным падением теплового потока Земли во времени, что приводило к изменению стиля субдукции за счет охлаждения погружающегося слэба, увеличению угла его наклона и проникновению в глубинные слои мантии. Можно предположить, что в интервале 1000–750 млн лет были созданы оптимальные условия для активного кимберлитомогенеза.

На обозначенную направленность в развитии алмазоносного магматизма накладывается суперконтинентальная цикличность. Связь хода глобального кимберлитомогенеза с распадом и сборкой суперконтинентов затрагивалась в ряде работ. Этот вопрос исследован автором в свете разработанной им суперконтинентальной цикличности с периодом 400 млн лет. Выявлены различия в степени таких проявлений на различных стадиях и фазах суперконтинентального цикла, проанализированы соответствующие тектонические обстановки. Установлено, что наиболее масштабно формирование кимберлитов и лампроитов происходило в фазы распада и сборки суперконтинентов. Это же относится и к промышленной алмазоносности, которая может возникать в течение каждой из этих фаз. На стадии существования слитных суперконтинентов отмечается минимальное количество датированных кимберлитов и лампроитов, приуроченных, практически только к ее, заключительной фазе, на границе с фазой распада. При этом, кимберлиты и лампроиты разных фаз цикла возникали в разных геодинамических обстановках и тектонических механизмах. Создание суперконтинента приводит возникновению теплового экрана и к накоплению под ним мантийного тепла. В свою очередь, это порождает континентальный рифтогенез и последующее раскалывание суперконтинента. Повидимому, такие геодинамические условия благоприятные для становления алмазоносных интрузий начинаются лишь во второй фазе стадии слитного суперконтинента и продолжаются во время его фрагментации. В фазу сборки суперконтинента, повидимому, доминирует механизм неглубокого плюмообразования, связанный с, влиянием зон субдукции на мантийную динамику ниже континентальной литосферы за счет перемещения субдуцирующего слэба вдоль границы 670 км далеко за пределы границ плит. Следовательно, суперконтинентальная цикличность, контролировавшая алмазоносный магматизм, сочетает в себе проявления механизмов тектоники литосферных плит и тектоники мантийных плюмов.

В ходе суперконтинентальной цикличности имели место определенные изменения, направленные на увеличение во времени площади континентальных фрагментов, возникающих при

распаде суперконтинентов, вплоть до появления мегаконтинентов. Особенно заметно это проявилось после распада суперконтинента Родинии, когда обособилась Гондвана, а в последующем Лавразия – мегаконтиненты несоизмеримо более значительного размера по сравнению с континентами предыдущих циклов. Представляется важным то обстоятельство, что данное явление совпало по времени с отмеченным выше рубежом резкого увеличения алмазоносного магматизма в конце мезопротерозоя.

Алмазоносный магматизм в истории Земли происходил на фоне устойчивого, но неравномерного усиления своей интенсивности от архея к фанерозою включительно, контролируясь суперконтинентальной цикличностью.

Волоковых Т.С. (Минлеспром АО)
О НЕОБХОДИМОСТИ И ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРАХ ФИНАНСОВОЙ И
АДМИНИСТРАТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

История становления алмазодобывающей отрасли Архангельской области насчитывает более чем 46-летний период, начиная с находок минералов-спутников алмаза и обнаружения в ходе геологоразведочных работ первых кимберлитовых тел, продолжая открытием двух крупных месторождений и их успешным промышленным освоением.

Однако, не смотря на существующий опыт открытия алмазных месторождений, с 1996 года территория Архангельской области характеризуется нулевым показателем воспроизводства минерально-сырьевой базы алмазов при стабильно растущих объемах их добычи. Существующая ситуация ведет к неизбежному исчерпанию запасов драгоценных камней и прекращению деятельности алмазодобывающих предприятий.

Решить проблему воспроизводства минерально-сырьевой базы алмазов, а также улучшить ее структуру, возможно только в результате геологоразведочных работ, финансирование которых на территории Архангельской области с 2010 года полностью осуществляется за счет собственных средств пользователей недр.

По состоянию на 1 января 2018 года всего 22% прогнозных ресурсов алмазов категории Р₃ Архангельской области предоставлено в пользование по 14 лицензиям. Из них в 2017 году только по одной лицензии проведен необходимый комплекс работ, по 6 лицензиям поиски выполнены в незначительных объемах, по 7 лицензиям геологоразведочные работы фактически не проводились. В 2018 году ситуация с поисковыми работами на алмазы изменилась за счет предоставления права пользования недрами пяти новых участков. Но и сегодня в условиях отсутствия новых месторождений, низкой результативности и высокой стоимости геологоразведочных работ на алмазы, сложного геологического строения, удаленностью территорий, ограничений действующего законодательства вероятность открытия новых месторождений в Архангельской области остается на крайне низком уровне, объемы алмазопроисловых работ за счет собственных средств пользователей недр сокращаются.

В целях повышения инвестиционной привлекательности поисковых работ необходимо формирование единого направления государственной политики с применением комплекса финансовых и административных инструментов их поддержки, в том числе:

- стабильного финансирования из средств бюджета Российской Федерации работ, направленных на совершенствование прогнозно-поискового комплекса методов, прогнозно-минералогическое картирование территорий, а также на поиски и оценку месторождений алмазов, финансового стимулирования результативности работ, выполняемых за счет средств бюджета Российской Федерации;

-
- компенсации затрат на геологоразведочные работы в целях поисков и оценки месторождений алмазов, в результате которых установлен факт открытия месторождения, посредством предоставления налоговых вычетов при его освоении;
 - внедрения и развития государственно-частного партнерства;
 - увеличения максимальной площади каждого участка недр, предоставляемого в пользование с целью геологического изучения, поисков и оценки месторождений алмазов до 1500 км²;
 - сокращения сроков предоставления лесных участков в аренду для проведения геологоразведочных работ на алмазы;
 - предоставления возможности геологического изучения в целях поисков и оценки месторождений алмазов в границах особо охраняемых природных территорий с возможностью последующего выведения из их границ выявленных месторождений.

Предлагаемые мероприятия позволят существенно увеличить объемы и результативность геологоразведочных работ на алмазы как за счет средств бюджета Российской Федерации, так и за счет собственных средств пользователей недр.

**Воробьев Ю.В., Кузовенков А.Д., Самсонкин А.В. (ООО «СЗГГК «Геокомплекс»),
Пичугин С.В. (ООО «ОЗГЕО»)
ЭФФЕКТ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ НАД АЛМАЗОНОСНЫМИ
КИМБЕРЛИТАМИ АНГОЛЫ**

Коренные месторождения алмазов связаны с телами кимберлитовых трубок либо лампроитов, которые приурочены к глубинным разломам древних архейских кратонов. Они сложены ультраосновной порфировой породой, которая представляет собой, согласно современным представлениям, либо остаточный продукт длительного фракционирования, либо результат частичного плавления мантийного вещества.

При поисках алмазов используются различные минералого-петрологические модели кимберлитовых трубок, позволяющие оптимизировать поисковый процесс и определить эффективные геофизические методы их обнаружения и картирования. В данном исследовании авторы опирались на поисковые геофизические работы Березина Г.И. и Духнина К.Ю. в Якутии (Мало-Ботуобинский р-он) в 1980–1985 гг., научные труды Конторовича Р.С. и Цыганова В.А., личный опыт изучения кимберлитов Гвинеи-Канакри и Анголы, где развиты полифациальные трубки раннемелового возраста, сохранившиеся от эрозии.

Наиболее крупной и хорошо изученной является алмазоносная трубка Катока (Ангола), в строении которой участвуют комплексы кратерных вулканогенно-осадочных, диатремовых гипабиссальных и глубинных абиссальных ассоциаций пород кимберлитовой формации. Среди минералов тяжёлой фракции в них обнаружены Fe-S минералы, Fe-O сфероиды со включениями самородного железа и пузырьков вулканических газов, которые являются свидетельством активной флюидодинамики интрузивного процесса, приводившей к расслоению кимберлитового расплава на более и менее подвижные «колонны». Зинченко В.Н. установлены признаки взаимодействия газовых пузырьков и сфероидов с поверхностью кристаллов алмаза (налипание, протравливание), а также признаки флюидного расслоения в кимберлитовых брекчиях диатремы. Предполагается, что формирование в трубке субвертикальных «рудных столбов», обогащенных алмазами, происходило под действием струйной миграции вулканических газов, в пределах которых алмазы могли концентрироваться благодаря высокой скорости подъёма расплава в процессе интрузии. Насыщенность этих алмазоносных рудных тел тяжёлыми Fe-O и Fe-S минералами, а также самородным Fe, создаёт в них магнитоактивные зоны повышенной

электронной проводимости, которые образуют аномалии вызванной поляризации и могут быть эффективно выявлены методом ВП.

Проведенные электроразведочные работы методом ВП подтвердили наличие аномалий интенсивностью 2–3% над алмазоносными частями трубок. Над не алмазоносными трубками аномальный эффект составил 0,2–0,5%. Статистическая выборка включила в себя более 20 объектов трубчатого типа, что не позволяет сделать однозначные выводы. В настоящий момент авторы продолжают опытно-методические работы в России и за рубежом.

**Голубев Ю.К., Колесникова Т.И., Голубев С.Ю., Орлов М.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
АНАЛИЗ ОБОСНОВАННОСТИ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ АЛМАЗОВ
КАТЕГОРИИ P_3 НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

В 2018 году ФГБУ «ЦНИГРИ» выполнил работы по договору с ПАО «Севералмаз»: «Анализ материалов по состоянию и развитию минерально-сырьевой базы алмазов на территории Архангельской области с выделением перспективных площадей и разработкой рекомендаций по дальнейшим направлениям и составу геологоразведочных работ». В ходе данных работ были проанализированы материалы по геолого-геофизической изученности, уточнено положение перспективных на обнаружение алмазов площадей территории области, а также были составлены рекомендации по направлениям дальнейших ГРР на алмазы. При проведении данных работ значительное внимание было уделено анализу имеющихся данных по находкам минералов-индикаторов кимберлитов (МИК), известных в пределах территории области. При этом с целью выявления перспективных площадей для постановки поисковых работ на алмазы, основное внимание было уделено территориям, расположенным вне пределов Зимнебережного района с известными месторождениями алмазов им. Ломоносова и тр. им. В. Гриба.

Интерпретация находок МИК основывалась на моделях их ореолов рассеяния, изученных ранее ЦНИГРИ в отложениях, перекрывающих трубки месторождения им. Ломоносова как в осадках карбона, так и составе ледникового комплекса, на основе классификаций ореолов МИК, разработанных ЦНИГРИ. В результате были получены данные, позволяющие поставить под сомнение оценку ресурсов категории P_3 для отдельных площадей, рассматриваемых как перспективные на обнаружение месторождений алмазов. Так, оценка ресурсов категории P_3 Ручьевской площади в 105 млн. карат представляется крайне завышенной. Согласно Методическим рекомендациям по оценке прогнозных ресурсов алмазов категории P_3 подсчет осуществляется, исходя из полученной оценки вероятного количества коренных месторождений и подсчетных параметров (площадь, глубина распространения промышленных руд, среднее содержание алмазов). Оценка в 105 млн. карат предполагает обнаружение в пределах Ручьевской площади по крайней мере нескольких промышленно алмазоносных трубок. В тоже время данных в виде обособленных ореолов рассеяния МИК в пределах площади не обнаружено, что не позволяет прогнозировать наличие нескольких промышленно алмазоносных тел. Оценка ресурсов категории P_3 Левушкаозерской площади составляет 50 млн. карат. МИК обнаружены преимущественно в краевых ледниковых образованиях, где отмечается ареал распространения преимущественно окатанных пиропов, которые можно трактовать как дальнеприносные. Подобные материалы ставят под сомнение тот факт, что известные находки МИК имеют связь с данной площадью, что также ставит под сомнение обоснованность оценки прогнозных ресурсов алмазов для данной площади.

В целом по результатам анализа минералогических данных, совмещенных с анализом поисковых обстановок территории южной части Архангельской области были сделаны следующие выводы:

1. Под проведение поисковых работ на обнаружение коренных месторождений алмазов были рекомендованы Рочевская и Плесецкая площади. Перспективы Рочевской площади на обнаружение месторождений алмазов определяются наличием МИК в составе терригенных карбоновых отложений, а также её структурно-тектоническим положением. Плесецкая площадь имеет характеристики схожие с Рочевской.

2. Ижмозерская, Солзенская, Левушкаозерская, Лачская площади не имеют однозначных признаков потенциальной алмазоносности в виде наличия ореолов МИК ближнего сноса. В их пределах целесообразна постановка прогнозно-минерагенических работ.

3. Необходима переоценка прогнозных ресурсов алмазов категории P_3 территории Архангельской области.

**Голубев Ю.К., Прусакова Н.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»),
Лукьянова Л.И. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»),
Голубева Ю.Ю., Загайный А.К., Громцев К.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
СОСТОЯНИЕ МСБ АЛМАЗОВ РФ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ
НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Мониторинг состояния МСБ алмазов РФ показывает нарастание негативных тенденций в её развитии. За последние 10 лет коэффициент воспроизводства запасов алмазов составил только 51%. При этом наиболее быстрыми темпами происходит истощение запасов коренных месторождений, отрабатываемых открытым способом. Добыча алмазов постепенно смещается в сторону подземной отработки месторождений, а также вводу в эксплуатацию месторождений с низкими содержаниями алмазов. Данные процессы приводят к существенному снижению рентабельности отрасли. В тоже время следует заметить, что суммарные запасы алмазов в России составляют на начало 2019 года немногим более 1 млрд. карат. По цифре запасов алмазов РФ, как по добыче алмазов в каратах занимает 1-ое место в Мирове. В тоже время можно констатировать, что 18% запасов не активны, т.к. отсутствуют планы по строительству шахт. Кроме того, значительная часть запасов, стоящих на Государственном балансе может оказаться не рентабельной к отработке. В связи с этим крайне актуальной задачей является задача срочного открытия новых месторождений алмазов рентабельных для отработки с прогнозными ресурсами не менее 400 млн. карат.

В 2018 году ФГБУ «ЦНИГРИ» выполнил работы по договору с ФГБУ «ВСЕГЕИ» «Картографические работы масштаба 1:2 500 000 по территории Российской Федерации (на золото и алмазы)». В результате была составлена карта алмазоносности РФ масштаба 1:2 500 000, на которой было отображено положение алмазоносных провинций, субпровинций, минерагенических зон. Кроме того, на карте показаны: площади перспективные для выявления алмазных месторождений, которые были выделены в различное время различными организациями; поля с установленным алмазоносным и родственным магматизмом разных геолого-промышленных типов и разного возраста; месторождения и рудопроявления разных геолого-промышленных типов. Перспективные площади и известные поля ранжированы на основании: наличия или отсутствием оцененных прогнозных ресурсов; наличия прямых признаков алмазоносности в виде единичных находок алмазов, россыпей проявлений и россыпей алмазов; проявлений неалмазоносного кимберлитового, лампроитового и родственного магматизма.

В ходе работ по созданию карты учитывались современные подходы проведения прогнозно-минерагенических работ, а также опыт других организаций. При выделении (прогнозе) алмазоносных минерагенических таксонов были использованы критерии прогнозирования,

сформулированные на основе их геолого-геофизических прогнозно-поисковых моделей. Данные модели содержат комплекс достаточно устойчивых факторов: косвенных – предпосылок, и прямых – признаков, которые являются индикаторами того или иного минерагенического таксона. Позиция и границы прогнозируемых алмазоперспективных провинций, субпровинций определялись комплексной областью совмещения на плоскости их индикационных предпосылок.

Составленная карта позволяет с одной стороны оценивать целесообразность постановки поисковых работ в тех или иных регионах РФ. С другой стороны, анализ карты показывает, что основная масса площадей, рассматриваемых как перспективные для обнаружения алмазных месторождений имеет весьма значительные размеры от 5000 км² и более, что показывает дефицит площадей под постановку поисковых работ на алмазы. Данное обстоятельство подтверждается тем, что в последние годы объекты под постановку поисковых работ на алмазы предлагались размерами от 6000 км² и более. В тоже время поисковые работы на алмазы следует ставить на площадях, локализованных как прогнозируемые кимберлитовые поля размером 1500–2000 км². Подобные объекты должны быть выделены в ходе прогнозно-минерагенических работ, что является в настоящее время крайне актуальной задачей для решения проблем МСБ алмазов РФ.

Голубева Ю.Ю. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Каргин А.В. (ИГЕМ РАН)
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИМБЕРЛИТОВ С РАЗЛИЧНОЙ
СТЕПЕНЬЮ АЛМАЗОНОСНОСТИ

Наиболее быстрым методом, используемым при диагностике пород щелочно-ультраосновного состава и оценке их потенциальной алмазонасности является изучение валового состава пород, то есть анализ содержаний главных и редких элементов. Данный метод особенно эффективен при наличии небольшого количества изучаемого материала, например, гальки из речного аллювия или перекрывающих пород, а также при сильном вторичном изменении породы. Для развития данного метода и дальнейшего его применения создавался банк данных с анализами валового состава кимберлитов и родственных пород Якутии и Архангельской области. В результате анализа банка данных даны рекомендации по использованию химического состава при диагностике щелочно-ультраосновных пород, выявлены закономерности изменения химического состава в связи с различной степенью алмазонасности кимберлитов:

Выделены индикаторные химические элементы, содержания которых можно использовать при диагностике щелочно-ультраосновных пород. К ним относятся элементы, отражающие глубинность магматического очага и степень метасоматической проработки источников пород: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MgO (Cr, Co, Ni), K₂O, Ba, Sr, Ga, REE, La/Yb. Наиболее значимым отличием кимберлитов от ассоциирующих с ними щелочных пикритов и мелилититов является пониженное содержание Al₂O₃ (<4 мас.%), Ga (<8 ppm), повышенное содержание Ni (>600 ppm). Наиболее информативными индикаторными элементами для выявления потенциальной алмазонасности объекта являются Ti, HREE, Ga, Ni. Практически для всех алмазонасных кимберлитов (алмазонасных полей, трубок) характерны пониженные содержания TiO₂ (0,3–2,5 мас.%), HREE (1–2,2 ppm), Ga (4–7 ppm), P₂O₅, повышенные MgO, Ni, Cr.

В пределах промышленно-алмазонасного кимберлитового поля месторождения алмазов с содержаниями больше 1 карат/т, по сравнению с низко алмазонасными и неалмазонасными объектами, характеризуются низкими содержаниями TiO₂ (0,5–1,4, чаще всего, меньше 1 мас.%), Al₂O₃ (2,5 мас.%), HREE (1,3–1,8 ppm), Ga (4,5–5 ppm), Hf (2,4–3,3 ppm), Zr, Th,

высокими содержаниями MgO (23,5–28,5 мас.%), Ni (>950 ppm) и K₂O. С уменьшением степени алмазоносности в породе возрастает содержание TiO₂, в среднем, на 0,7 мас.%, HREE на 0,7 ppm, уменьшаются содержания MgO на 5–10 мас.%, Ni на 300–600 ppm. В целом, кимберлиты из высоко алмазоносных объектов (>1 карат/т) обогащены некогерентными редкими элементами в меньшей степени, чем средне (1–0,2 карат/т) или убого алмазоносные (<0,2 карат/т).

Среди кимберлитов уникально алмазоносных трубок Якутии выделяются две основные петрохимические разновидности: высоко-Mg петрохимический тип с пониженными содержаниями TiO₂ (<1 мас.%), к которым относятся месторождения трубок Интернациональная, им. 23 съезда КПСС, Айхал, Ботуобинская и Нюрбинская; Mg-Fe тип кимберлитов с содержаниями TiO₂ 1–2,5 мас.%, к которым относятся месторождения трубок Удачная, Мир, Сытыканская. Среди высоко-Mg петрохимического типа особенно выделяется трубка Айхал, отличающаяся повышенными содержаниями P₂O₅ (>0,5 мас.%), Y и HREE (1,8–2,7 ppm), более характерными для низко алмазоносных кимберлитов, что позволяет предположить о возможном влиянии состава кимберлита на низкое качество алмазов в данной трубке.

В неалмазоносных полях кимберлитовые трубки, содержащие единичные кристаллы алмазов, на фоне остальных неалмазоносных трубок выделяются более высокими содержаниями MgO (>20–25 мас.%), Ni (>800–1000 ppm), низкими содержаниями HREE (1,7–3,3 ppm). Содержания TiO₂ варьируют в широких пределах: от 0,5 до 5,5 мас.%.

Горев Н.И. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ОБРАЗОВАНИЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ДИАТРЕМ – К ПРОБЛЕМЕ О СКОРОСТИ ВНЕДРЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВОЙ МАГМЫ

Проблема образования кимберлитовых диатрем остается до конца не решенной. Внедрение кимберлитовой магмы протекало, по-видимому, в широком диапазоне температур и давлений, определяемых во многом скоростью кимберлитового расплава.

Наличие в кимберлитовых телах Якутии датированных ксенолитов вмещающих осадочных пород, находящихся, как правило, ниже уровня своего коренного залегания до 500 м, является установленным фактом. Закономерности и механизм вертикального распределения ксенолитов в кимберлитовых телах специально не изучались. По нашему мнению, они могли сваливаться с бортов в полости, выработанные рудоносным флюидом до внедрения кимберлитовой магмы и, вполне возможно, глубина их падения (погружения) определяет время между взрывом (образованием полости диатремы) и заполнением ее кимберлитовой магмой.

То есть, образование магмоводов (магматических каналов) происходило за счет проработки флюидными потоками тектонически ослабленных зон, с формированием полостей трубчатой и жильной морфологии. Накопление летучих компонентов осуществлялось за счет дефлюидизации кимберлитовой магмы. На верхних уровнях земной коры (в осадочном чехле) на глубине 1–2 км от земной поверхности, где трубки переходят в дайки (тр. Мир – 1300 м + 450 м (эродированная часть трубки) ~ 1750 м; тр. Таежная – 400 + 500 ~ 900 м), по другим источникам – 2–3 км от палеоповерхности, происходило взрывное раскрытие магматических колонн. После этого кимберлитовая магма, перемешиваясь с отрывающимися от стенок и падающими ксенолитами, охлаждаясь заполняла жерловые полости.

Выше отмечалось, что разница в положении ксенолитов относительно их коренного залегания составляет обычно 200–500 м, то есть время между взрывом и попаданием ксенолитов в магму составляет по расчетам не более 5–10 секунд. Полагая, что магма поступала с глубины 1–2 км, скорость ее подъема определяется диапазоном 50–150 м/сек (180–540 км/час).

Перемещение магмы в жерловом канале осуществлялось турбулентно, что подтверждается хаотичным распределением разновозрастных ксенолитов вмещающих пород, а также значительными колебаниями содержания алмазов в кимберлитовых телах и, зачастую, довольно условными границами между отдельными разновидностями кимберлитов.

Вполне возможно, что скорость подъема магмы могла отличаться от приведенной, как на завершающей стадии формирования диатрем, при заполнении раструба, так и при ее продвижении на глубоких уровнях литосферы. Мощные кратерные постройки, слагающие верхние горизонты (до 300 м) трубок взрыва, наличие здесь крупных (десятки метров) блоков вмещающих пород, соответствующих по гипсометрическому положению их коренному залеганию, а также отсутствие излившихся фаций кимберлитов, указывают, наиболее вероятно, на невысокую скорость подъема кимберлитовой магмы на завершающей стадии образования диатрем.

Взрывной прорыв магматических каналов происходил не однократно. Более глубинные порции расплава были по мнению некоторых исследователей более горячими, но менее алмазоносными. Конечным результатом этих процессов стала многофазная, конусообразная конструкция крупных диатрем с хаотичным распределением в них концентраций алмазов, с постепенным снижением алмазоносности в целом вниз по кимберлитовому телу.

Приведенные сведения, как составная часть гипотезы образования кимберлитовых трубок, не всем исследователям покажутся убедительными, а сделанные выводы (расчёты) достоверными. Несомненно, что предложенная схема является упрощенной, не учитывающей множества разнообразных факторов, кроме того, без ответа остается один из главных вопросов геологии кимберлитов – происхождение алмаза. Тем не менее, порядок цифр и сам процесс заполнения диатрем, по нашему мнению, отвечает, в определенной мере, действительности.

Зинчук Н.Н. (Западно-Якутский научный центр АН РС (Я)) О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОИСКОВ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

Очень важным для древних платформ мира является вопрос возрастного становления кимберлитов – главнейшей ультраосновной породы, содержащей алмазы. Ранее проведенными исследованиями показано, что на ряде древних платформ мира (Африканской, Северо-Американской и др.) основными эпохами мощного корообразования и эндогенного рудообразования (в том числе и алмазоносного магматизма) являлись: ранний докембрий (4000–1650 млн. лет), поздний протерозой (1650–570 млн. лет), каледонский (570–400 млн. лет), раннегерцинский (400–310 млн. лет) и позднегерцинский (310–205 млн. лет) этапы, киммерийский (205–137 млн. лет), раннеальпийский (137–65 млн. лет) и позднеальпийский (65 млн. лет) этапы. Несмотря на то, что на Африканской платформе все эти временные интервалы являются промышленно алмазоносными, на Сибирской платформе (СП) значимыми признаются только среднепалеозойские кимберлиты и, с большими оговорками, триасовые. Следует подвергать тщательному анализу геолого-тектоническую (структурно-тектоническую и геодинамическую) позицию перспективных территорий с применением комплекса геофизических исследований, включающих грави- и магнитометрию, сейсмические, электроразведочные и другие методы. Важной задачей при прогнозно-поисковых работах на алмазы является наличие дробной стратиграфической схемы отложений и древних коллекторов, в составе которых установлены алмазы и другие индикаторные минералы кимберлитов (ИМК). Основным методом поисков алмазных месторождений был, есть в большинстве геолого-поисковых обстановок и останется минералогический с использованием алмаза и его парагенетических минералов-спутников.

В основных алмазоносных районах древних платформ мира благоприятные палеогеографические условия для формирования мощных кор выветривания (КВ) существовали в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время. Продолжительность периодов корообразования, протекавших при теплом влажном климате и относительно хорошем дренаже территории, влияет на мощность элювиальных толщ и количество алмазов, высвобождающихся из этих толщ при их образовании, либо непосредственно на кимберлитах, либо в продуктах их ближнего переотложения во вторичных коллекторах. Оценивая с этих позиций материалы о древних КВ на территории СП как в целом, так и в наиболее богатых алмазами осадочных толщ алмазоносных районов отметим, что в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время здесь существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования, о чем свидетельствуют сохранившиеся от размыва элювиальные толщи с высокозрелыми верхними горизонтами. Непосредственно в КВ россыпи алмазов фиксируются только над кимберлитовыми трубками, что приводит к ограниченному их размерам. На других породах россыпи алмазов не образуются, за исключением случаев перемыва вторичных коллекторов. Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации и накопление их в пресноводных континентальных водоёмах, а также незначительные погружения осадков определили слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы и отсутствие наложенных на них процессов каталитического преобразования. Это позволяет использовать типоморфные признаки отдельных минералов легкой, тяжелой и глинистой фракций, а также геохимические особенности выветрелых пород для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из различных источников сноса и связанных с гипергенными изменениями пород различного химического и минералогического составов. Комплекс исследований позволяет восстановить палеогеографические условия формирования на рассматриваемой территории каждого стратиграфического горизонта (особенно базального) и более детально проанализировать особенности накопления местного (в том числе и кимберлитового) материала в пределах выделенных перспективных участков и зон.

Зинчук М.Н., Зинчук Н.Н. (Западно-Якутский научный центр АН РС(Я))
О ГЕОЛОГО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ ОСОБЕННОСТЯХ КИМБЕРЛИТОВ
В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ИХ МИНЕРАГЕНИИ

Вопросам внедрения кимберлитовой магмы, становления и последующего изменения кимберлитовых пород, их минерагении посвящены многочисленные опубликованные работы. При изучении кимберлитов главное внимание уделяется реликтовым структурам и текстурам исходной породы, изучению псевдоморфоз, их формы, расположения и эволюции. В кимберлитовых породах, в которых сохранилось реликтовое строение, цементирующая масса представлена: а) субмикроскопическим серпентином; б) пелитоморфным карбонатом; в) стекловатым веществом. Многие исследователи считают, что серпентин цемента представляет собой апостекло, хотя в свежем виде они никем не описывались. К постмагматическим преобразованиям кимберлитов относятся изменения, которые претерпели магматические породы в пневматолитово-гидротермальную стадию метаморфизма. Верхней температурной границей считается 600°C, т.е. температура, при которой от магматического расплава отщепляется флюид, а нижней можно условно считать температуру кипения воды, хотя некоторые минералы возникают и при более низких температурах. В этом интервале температур возникли все основные вторичные образования и в первую очередь главный минерал кимберлитов Сибирской и Африканской платформ – серпентин. Наряду с автометаморфическими процессами, которые

протекают в обстановке близкой к изохимической, в кимберлитовых телах довольно широко распространен метасоматоз (автометасоматоз). К последнему следует отнести хлоритизацию слюд и полевых шпатов ксенолитов, которая сопровождается выносом щелочей и кальция. При бруситизации оливина происходит удаление кремнезема. Оталькование серпентина предусматривает привнос SiO_2 , а окварцевание минерала – вынос всех остальных компонентов. К метасоматическим также относится замещение серпентином карбонатов и, наоборот, замещение карбонатом силикатов. Прежде чем возникает серпентин, должен разрушиться оливин – как наименее устойчивый из силикатов и наиболее распространенный. Серпентин из псевдоморфоз, цементирующей массы и выделения серпофита обязаны коллоидному первоначальному образованию с последующим преобразованием в гель и его кристаллизацией (возможно даже не полной). Сохранившаяся в кимберлитах реликтовая структура в значительной мере связана с низким давлением в процессе серпентинизации. Основные выводы по поводу становления и дальнейшего формирования кимберлитовых тел и слагающих их минералов: а) В процессе происходящего вслед «за прострелом» осадочных толщ резкого падения давления и вызванного этим спада температуры в верхней части может образоваться только бедное магнием железистое стекло, которое в связи со значительным ограниченным количеством кремнезема является малоустойчивым и может разрушаться наравне с оливином (до образования стекла процесс не доходит); б) Карбонатная составляющая общего расплава обособляется еще до затвердения силикатной части и в зависимости от конкретных условий либо кристаллизуется (при падении температуры), либо разлагается (при падении давления) с удалением CO_2 ; в) Большое значение для мобильности карбонатного расплава имеют щелочи и в первую очередь натрий, который впоследствии образует собственное соединение (шортит) или обладая (в отличие от калия) положительной энергией гидратации, легко выносится поствулканическими растворами, уступая место кальцию; г) Разрушение наименее устойчивого соединения – главного минерала кимберлитов оливина проходит под влиянием уголекислоты одновременно по всему объёму породы с последующей (вызванной гидролизом) аморфизацией и переходом в коллоидное состояние с дальнейшей кристаллизацией и перекристаллизацией серпентина; д) Кристаллизация серпентина происходит быстро, главным образом, по краям бывших зерен с формированием псевдоморфоз, вдоль трещин синерезиса и по наименее плотным участкам геля, а также по трещинам оливина в частично разрушенном кимберлите.

Иванов А.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
ПИРОПЫ ЛИЛОВЫХ ЦВЕТОВ ОКРАСОК ИЗ НЕАЛМАЗОНОСНЫХ
КИМБЕРЛИТОВ

В данной работе автор сделал попытку установить причину отсутствия алмазов в кимберлитовых трубках, которые содержат высокие содержание зерен пиропов в области алмазоносных парагенезисов по Н.В. Соболеву и зерен кластерной группы G10 по классификации Dawson J.B. и Stephens W.E. Это составы пиропов средне и высоко хромистые низко титанистые из лерцолитовых и дунит-гарцбургитовых их парагенезисов. Установлено, что составы таких пиропов из алмазоносных парагенезисов их составов для убого алмазоносных кимберлитов, характеризуются пониженными значениями марганца и железа и повышенными значениями титана. Эта особенность общая и для составов пиропов этих тел и выражена очень низким содержанием в пиропе железа в среднем около 6,6% вес., и марганца около 0,3% вес. Составы пиропов из этой области из алмазоносных трубок содержат железа и марганца примерно на двадцать относительных процентов выше, т. е. окиси железа около 7,4% и марганца около 0,4% вес. Хотя

на диаграмме Н.В. Соболева по содержанию кальция и хрома – эти составы пиропов из убого алмазоносных тел, как и алмазоносных, попадают в область таких же алмазоносных парагенезисов.

В результате этой работы выявлено, что такое незначительное изменение для составов пиропов из этих областей придает в целом для лиловой их окраски более насыщенный сильно заметный синеватый оттенок, что на диаграмме $MnO-Cr_2O_3$ выражается также отрицательной корреляцией между этими элементами для кимберлитовых трубок с убогой алмазоносностью.

Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. (АК «АЛРОСА» (ПАО))
КОРЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ:
ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Более 60 лет назад на территории Якутской алмазоносной провинции нашли первые алмазы и первую в России кимберлитовую трубку Зарница (1954 г.). Первые открытия произошли в так называемых «открытых полях», где кимберлитомещающие породы (PZ_1) выходят на дневную поверхность и искомые объекты могли быть обнаружены легкими маршрутно-поисковыми работами, в частности, шлиховым опробованием гидросети и склоновых отложений. Так были открыты многие кимберлитовые тела, однако со временем возможности этого метода были исчерпаны. Помимо шлиховых поисков широко применялась и аэромагнитная съемка, которая позволяла выделять кимберлитоперспективные аномалии и после их наземной детализации, передавать эти объекты для проведения заверочных работ, что позволило открыть множество кимберлитовых тел на территории Западной Якутии.

В пределах Средне-Сибирского плоскогорья существуют также «закрытые поля», где карбонатные породы (PZ_1) перекрыты терригенными породами (C_{1-2} и P), а также пластовыми и секущими телами долеритов (P_2-T_1).

В условиях «закрытых полей» поиски кимберлитовых тел представляют собой архисложную задачу. Применение отдельных геофизических или геологических методов поисков погребенных кимберлитовых тел оказывается недостаточно эффективным, что вызывает необходимость их комплексирования. В этот комплекс входят: аэрогеофизические работы; наземные геофизические исследования; ревизионно-поисковые маршрутные исследования со шлиховым и мелкообъемным опробованием; поисковые работы, включающие бурение скважин, ГИС и опробование; заверка всех выявленных в процессе работ кимберлитоперспективных аномалий. По результатам работ составляются карты геофизических полей, структурно-тектонические карты, геологические карты, геолого-геофизические разрезы, на основании комплексного анализа которых оцениваются перспективы территории на коренную алмазоносность, подсчитываются прогнозные ресурсы по категориям P_3 , P_2 и P_1 (в случае обнаружения кимберлитовых тел).

Помимо данного комплекса исследований, в последние годы в Западной Якутии успешно применяется метод радиоволновой геоинтроскопии межскважинного пространства (РВГИ), заключающийся в выполнении межскважинного просвечивания по технологии томографической съемки. РВГИ показал свою эффективность, позволив локализовать кимберлитоперспективные аномалии, при заверке которых были вскрыты кимберлитовые тела Январское (2016 г.) и Весеннее (2017 г.).

Для успешного проведения ГРП необходимо кардинально усилить роль изучения структурно-тектонического строения кимберлитомещающих комплексов, тектонических структур и зон разломов. Использование структурных критериев наряду с другими признаками позволяет оконтурить и выделить локальные участки для обнаружения кимберлитовых тел и постановки

на них оценочных работ. Кроме того, необходимо развитие и творческое применение шлихо-минералогического метода, также имеющего очень важное значение при поисках алмазного сырья, в совокупности с широким использованием построения карт реконструированного палеорельефа, которые позволяют картировать вероятные области денудации, пути переноса и места накопления дезинтегрированного материала и тем самым локализовать кимберлитовые тела.

Резюмируя отмечаем, что эффективность применяемой в Западной Якутии методики поисков коренных месторождений алмазов на сегодняшний день не вызывает сомнений, что наглядно подтверждается открытиями в АМКП 64 кимберлитовых трубок, в том числе шести коренных месторождений. Вместе с тем, перспективы поля далеко не исчерпаны и использование новых методов и подходов, безусловно, должно повысить эффективность геологоразведочных работ и позволяет надеяться на открытие новых месторождений.

**Иванов М.А. (Институт криминалистики ФСБ России),
Соломонов В.И., Спирина А.В. (ФГБУ Институт электрофизики УрО РАН)
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТНЫХ ДРАГОЦЕННЫХ
КАМНЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ**

Одной из самых сложных и интересных задач, является установление места добычи цветных драгоценных камней (рубинов, сапфиров, изумрудов, александритов). Сложность решения данной задачи связана с тем, что их основные месторождения (кроме изумрудов) находятся за пределами Российской Федерации: Бразилия, Колумбия, Мьянма, Афганистан, Мадагаскар, Шри-Ланка, Вьетнам, Китай, Замбия, ЮАР, Танзания, Мозамбик и Индия. В настоящее время исследователи, в основном, опираются на такие признаки, как минеральные включения и содержание примесных элементов. Но зачастую примеси в объеме камня распределены неравномерно, то есть содержание, измеряемое рентгенофлюоресцентным методом, носит случайный характер, обусловленный выбором для анализа конкретной зоны камня. Диагностика включений в мелких камнях достаточно затруднительна, а также не всегда эффективна, поскольку для нескольких месторождений могут быть характерны одни и те же минеральные включения.

Методом импульсной катодолюминесценции (далее – ИКЛ) было исследовано более 2 тысяч образцов цветных драгоценных камней (рубинов, сапфиров, изумрудов и александритов) из основных мировых месторождений, зарегистрировано и обработано более 5000 спектров. ИКЛ камней исследовалась на специализированной установке, которая состоит из блока возбуждения люминесценции, многоканального фотоприемника и управляющего компьютера. Образцы не подвергались какой-либо механической и химической обработке. Камни облучались при комнатной температуре электронным пучком длительностью 1,5–2 нс при плотности тока около 90 А/см² и средней энергии электронов около 150 кэВ. Спектры ИКЛ в диапазоне 500–900 нм регистрировались многоканальным фотоприемником, совмещенными с дифракционным спектрографом.

Цвет и люминесценция цветных драгоценных камней определяется основными примесями-хромофорами (Cr³⁺, Ti³⁺, V³⁺ и Fe³⁺), присутствие которых обусловлено геохимическими и иными условиями формирования камня в недрах земли. При анализе всех спектров было отмечено, что в образцах одного и того же месторождения длины волн, относительные интенсивности и ширины полос излучения изменяются в более узкой области, чем в образцах из разных месторождений. Это позволило использовать вышеуказанные параметры в диапазоне 600–900 нм в качестве спектрально-люминесцентных признаков региона происхождения камней.

В результате был разработан способ установления места добычи камней на основе статистического анализа данных. В основе лежит исследование спектрально-люминесцентных признаков: средняя длина волны (медиана) λ , ширина (дисперсия) s и интенсивность. С одной стороны, эти параметры учитывают и примесный состав камней, и взаимодействие примесных ионов друг с другом, которые индивидуальны для каждого месторождения. С другой стороны, они являются случайными величинами.

Для камней из одного и того же месторождения при наличии достаточно большой выборки каждый из этих параметров является непрерывной случайной величиной. Это позволило применить математический анализ. Для доказательства правомочности его использования были проведены исследования по экспериментальному определению функций плотностей вероятностей, а также полных вероятностей принадлежности камня разным месторождениям. По спектральным данным отдельно для камней каждого месторождения строились эмпирические функции распределений. Построенные функции численно дифференцировались, в результате чего получались плотности распределения вероятностей этих признаков для образцов конкретного месторождения. Полученные результаты показали, что применение разработанного подхода позволяет определить принадлежность камня месторождению с вероятностью 90–100%.

**Игнатов П.А. (МГРИ), Колесник А.Ю. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)),
Мальцев М.В. (ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО))**
**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СТРУКТУР, ВМЕЩАЮЩИХ КИМБЕРЛИТЫ
СЮЛЬДЮКАРСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ**

В новом алмазоносном Сюльдюкарском поле Ыгтыаттинского района Якутии выявленные кимберлиты Т-54/14, прорывают ордовикско-кембрийские терригенно-карбонатные породы, перекрытые каменноугольно-пермскими угленосными отложениями, туфами, покровами и силлами мезозойских траппов. В центральной части поля по площади в 70 км² изучено 230 разрезов нижнего палеозоя по керну поисковых скважин, пройденных по сети 500×500 м. На участке с кимберлитами исследовано 6 разрезов по скважинам опытно-методического бурения, около половины - по оценочным скважинам. В результате на участке с кимберлитами и в ряде поисковых скважинах выявлены тектонические, флюидоразрывные и минералого-геохимические признаки структур, вмещающих кимберлиты.

Тектоническими проявлениями структур, контролирующих и вмещающих кимберлиты, являются признаки сдвигов. Они выражены микровзбросами, зеркалами скольжения с горизонтальными бороздами, межслоевыми складками волочения и зонами рассланцевания. По микровзбросам и отмеченным зеркалам скольжения наметилась северо-западная зона разлома и два узла ее пересечения с поперечными субмеридиональными нарушениями. В одном из них локализованы известные кимберлиты. Зоны рассланцевания и складки волочения более широко распространены на юго-западе площади и фиксируют относительно однородный блок. Он, вероятно, расположен за пределами региональной зоны проницания крупного северо-восточного сдвига, намеченного по геолого-геофизическим данным.

Карбонатные брекчии и прожилки агрегативного карбоната с примесью песчаного материала и пирокластики авторы относят к флюидоразрывным образованиям. Брекчии обнаружены в 6 разрезах на участке с кимберлитами и трех оценочных скважинах, одна из которых попадает в упомянутый разломный узел. В целом карбонатные флюидизиты находятся в зонах, намеченных по геолого-геофизическим данным разломах.

Наиболее ярким флюидо-гидротермальным образованием на рассматриваемой площади

является прожилковое осветление, фиксируемое в красноцветных доломитистых алевроаргилитах кембрия. Выделены прожилки одной, двух и нескольких систем различно ориентированных трещин, а также единичные наиболее интенсивные проявления сетчатой текстуры. Установлена пространственная связь прожилкового осветления с послойным. Все эти проявления аналогичны осветлению, обнаруженному на глубоких горизонтах Накынского поля. Также, как и в экзоконтактах кимберлитовых даек и жил Накынского поля, наиболее интенсивное сетчатое осветление и прожилки с осевыми глинистыми образованиями сопровождают тела кимберлитов Сюльдюкарского поля. По результатам картирования установлено пятнисто-линейное распределение прожилкового осветления. Большая часть участков с прожилковым осветлением сосредоточена на северо-западе исследованной площади. Там, где имеется представительная сеть наблюдений, скважины, вскрывшие два и более направлений осветленных трещин, сосредоточены в линейные ореолы северо-западного и субмеридионального простирания. Такие ореолы включают выделенные структурные узлы. В них выявлены прожилковые кальциты, имеющие красную фотолюминесценцию и фосфоресценцию, что указывает на их высокотемпературное происхождение.

Перспективность локальных участков структурных узлов с признаками флюидоразрывов на выявление алмазонасных кимберлитов дополняется концентрационными аномалиями Cr, V, Ni и Ba. в прожилках осветления, карбонатных флюидизитов и кальцита.

Каминский Ф.В. (ГЕОХИ РАН)

СЛОИСТАЯ СИСТЕМА ПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ КИМБЕРЛИТОВ ГУАНИАМО В ВЕНЕСУЭЛЕ – НОВЫЙ ТИП АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В конце 1990-х – начале 2000-х годов международной группой специалистов, включая российских геологов, в бассейне верхнего течения р. Ориноко в штате Боливар, Венесуэла было открыто и разведано первое в стране коренное месторождение алмазов Гуаниамо. Тектонически этот район относится к слабо исследованной западной части Гвианского щита с региональным развитием раннепротерозойских гранодиоритов. Кимберлиты слагают 8 согласных пологопадающих ($5-8^\circ$) к северо-востоку пластовых залежей мощностью от нескольких сантиметров до 3,7 метра. Они соединены маломощными вертикальными кимберлитовыми дайками. Вертикальные расстояния между залежами от 50 до 125 м. Возраст кимберлитов позднепротерозойский, 712 ± 6 млн. лет. Кимберлитовые пластовые залежи прослежены в зоне шириной 5 км вдоль простирания и более чем на 1 км по падению. Подтвержденные запасы горной массы составляют 45 млн. тонн кимберлита при среднем содержании алмазов $\sim 1,5$ кар/тону (т.е. $\sim 67,5$ млн. каратов алмазов); дополнительные прогнозные ресурсы превышают 100 млн. карат. Средняя стоимость алмазов составляет 50–100 долл. США за один карат.

Кимберлиты всех восьми пластовых залежей одинаковы по своему петрографическому и минералогическому составу. Они содержат значительное количество (~ 30 % объёма) макрокристаллов оливина. Главные минералы-спутники алмаза – гранат-пироп и хромит, хромдиоксид весьма редок, а пикроильменит практически отсутствует. В химическом отношении кимберлиты Гуаниамо сильно обогащены MgO и обеднены Al_2O_3 ; при этом они содержат повышенные концентрации FeO и K_2O , а также Ni, Cr, Co, Th, Nb, Ta, Sr и LREE. По Nd-Sr изотопным характеристикам они отличаются от южноафриканских кимберлитов как 1-й, так и 2-й группы, занимая промежуточное положение. В этом отношении они близки кимберлитами месторождения им. Ломоносова в Архангельской провинции.

Около 50 % кристаллов алмаза являются ромбододекаэдрами с резорбированными поверхностями. В большинстве они бесцветны; 50–90% имеют радиационные пятна пигментации. Около 20 % алмазов являются низко-азотными и безазотными разностями (Тип II); остальные относятся к промежуточному типу IaAB с преобладанием В-центров над А-центрами. Большинство минеральных включений в алмазах Гуаниамо (86%) относятся к эклогитовому парагенезису и представлены альмандин-пироповым гранатом, омфацитом, рутилом, ильменитом, пирротинном и коэситом. Остальные включения – перидотитового типа: пироп, хромшпинель и оливин. В одном из алмазов встречен ферропериклаз. Изотопный состав углерода в алмазах Гуаниамо колеблется от -3.2 до -28.7‰ $d^{13}C_{VPDB}$.

В долине р. Гуаниамо имеется аллювиальная россыпь, содержащая алмазы, аналогичные алмазам из пластовых залежей, что свидетельствует о том, что источниками алмазов в россыпях являются изученные кимберлиты. В то же время, в долинах других рек (порой удалённых от россыпи Гуаниамо на несколько десятков километров) имеются алмазы со своими, отличными характеристиками. Это указывает на наличие других, пока не известных коренных источников алмазов в данном регионе.

Возможно, такие кимберлитовые комплексы могут быть встречены в других регионах, и это следует иметь в виду при разведке похожих тел.

**Константинов К.М. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), ФГБУ ИЗК СО РАН),
Макаров А.А. (ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО))
ПОИСК КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ АНОМАЛИЯМ
СТРУКТУРНОГО ТИПА**

В настоящее время геолого-геофизические работы на поиски месторождений алмазов сосредотачиваются на закрытых территориях (площади II-V геотипов). В таких условиях применение грави-магниторазведки в качестве основного метода для выделения классических аномалий трубчатого типа, создаваемых кимберлитовыми телами на открытых площадях (площади I геотипа), малоэффективно. Очевидно, что перспективы обнаружения коренных месторождений алмаза геофизическими методами будут связаны со структурами, образующихся в зоне динамического влияния кимберлитового тела в верхней части разреза – структуры диатремовой ассоциации (СДА). Такие структуры могут включать широкий спектр объектов, развитых как во вмещающих (карбонатный цоколь), так и в перекрывающих (траппы, осадки) горных породах. К ним, например, относятся «трапповые коридоры» и «окна», маркирующие участки вероятного присутствия кимберлитовых тел. Естественно, структурно-вещественные комплексы, генетически связанные со СДА, будут генерировать геофизические поля – аномалии структурного типа. Таким образом, задача заключается в формировании образов геофизических аномалий от СДА. Поэтому важно, первое, проанализировать геологические обстановки на флангах кимберлитовых тел и установить закономерности развития окружающих их СДА. Второе, для разработки физико-геологических моделей СДА и расчета по ним аномальных эффектов, необходимо наделять слагающих их структурно-вещественные комплексы конкретными физическими свойствами.

Комплексная интерпретация материалов, полученных по месторождению алмаза кимберлитовой трубки Комсомольская, позволяет сделать следующие выводы:

Разломно-блоковая тектоника, окружающая кимберлитовую трубку, определила характер поведения отрицательно намагниченного силла долеритов III фазы в карбонатном цоколе. Его переход на верхний горизонт осуществлялся по зонам повышенной трещиноватости.

В зоне контакта долеритов III фазы с перекрывающими породами (кимберлиты, долериты и туфы II фазы) в последних образуются петромагнитные неоднородности (ПМН 2 типа) – области изменения первоначальных магнитных характеристик за счет «обжига» (анизотропия магнитной восприимчивости даечного типа, повышенные значения коэрцитивных параметров, метахронная намагниченности). При формировании ПМН 2 типа в траппах ранних фаз внедрения происходит заметное смещение петромагнитных границ, что необходимо учитывать при физико-геологическом моделировании верхней части разреза. ПМН 2 типа в траппах ранних фаз внедрения логично рассматривать в качестве петрофизического поискового критерия присутствия кимберлитовых трубок на алмазопроисловых территориях IV и V геотипов (разумеется, в комплексе с геофизическими, структурно-тектоническими и др. признаками).

Кимберлитовмещающая структура месторождения Комсомольская картируется положительными гравитационными ΔG_a и отрицательными магнитными ΔT_a аномальными, наличием ПМН зон обжига в перекрывающих ее траппах, совпадающими с зонами повышенной трещиноватости.

Геологическое строение месторождения Комсомольская не является уникальным. Близкая геологическая ситуация установлена и на трубке Краснопресненская. Не исключена вероятность обнаружения месторождений аналогичного типа на других участках развития траппов Тунгусской синеклизы. С этой целью, в пределах данной территории необходимо провести комплексный анализ гравимагнитных и тектонофизических полей в сочетании с имеющейся аналитической информацией по траппам (петрофизической, палеомагнитной, петрохимической и др.).

**Константинов К.М. (НИГП АК «АЛРОСА»(ПАО), ФГБУ ИЗК СО РАН),
Томшин М.Д. (ФГБУ ИГАБМ СО РАН), Яковлев А.А. (ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)),
Хороших М.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)), Кузина Д. М. (ФГБУ КФУ),
Константинов И.К. (ФГБУ ИЗК СО РАН)
РОЛЬ ПЕТРО- И ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ В ПОСТРОЕНИИ
ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
АЛМАЗА ТРУБКИ НЮРБИНСКАЯ**

Решение проблемы поисков коренных месторождений алмазов в Якутской алмазонасной провинции упирается в разработку корректных физико-геологических моделей (ФГМ). Исследования петро- и палеомагнетизма горных пород относятся к методу исторической геофизики, который позволяет расшифровать магнитную запись геологических процессов, т. е. сформировать динамические ФГМ. Подобные ФГМ успешно зарекомендовали себя при решении таких вопросов как движения континентов, петромагнитного картирования базитов Тунгусской синеклизы и др. Построение динамической ФГМ кимберлитовой трубки Нюрбинская (Средне-мархинский район) необходимо с целью прогноза и поисков месторождения алмаза в пределах Вилуйско-Мархинской зоны разломов.

В строении месторождения принимают участие порфировые кимберлиты (ПК), автолитовые кимберлитовые брекчии (АКБ), долериты: субщелочные (дотрубочные) и щелочные (посттрубочные), вмещающие терригенно-карбонатные породы позднего кембрия-раннего ордовика, а также перекрывающие вышеперечисленные комплексы песчаники позднего триаса.

Во вмещающих породах карбонатного цоколя установлены две компоненты векторов естественной остаточной намагниченности (ЕОН): М (магнетитовая) – среднетемпературная метахронная (до 600°C) и Нм (гематитовая) – высокотемпературная характеристическая (до

700°C). Согласно проведенным исследованиям природа компоненты М – термоостаточная, а компоненты Нм – седиментационная.

В дотрубочных долеритах выявлена одна магнитожестькая высокотемпературная (до 600°C) характеристическая компонента Тм (титаномагнетитовая) термоостаточной природы. Она согласуется с компонентой М вмещающих пород.

В АКБ установлены две характеристические компоненты ЕОН: М (магнетитовая) и Р (пирротиновая). Первая обычно сохраняется до 600°C и хорошо согласуется с компонентами долеритов Тм и вмещающих пород М, что свидетельствует о синхронности их формирования. Характеристическая компонента Р отличается достаточно крутыми отрицательными наклонениями векторов и, как правило, регистрируется до 350°C только у части образцов. Но если природа компоненты М кимберлитов явно термоостаточная, то компоненты Р – не установлена. Минералом-носителем компоненты Р является пирротин, который сформировался из сингенетичного кимберлитам пирита за счет гидротермальных процессов, вызванных внедрением посттрубочной дайки щелочных долеритов.

Динамическая ФГМ месторождения алмаза трубки Нюрбинская демонстрирует, что после становления дотрубочной дайки субщелочных долеритов вдоль ее северо-западного борта произошло внедрение ПК. Затем вдоль юго-восточного борта дайки формировались АКБ, образующие многоканальное тело, частично контактирующее с долеритами. Формируя кратер трубки, АКБ скользя по апикальной части дайки, как бы срезали её, дробили и захватывали, как ксенолиты, ПК первой фазы. Значительно позже после становления трубки вдоль контакта между АКБ и долеритовой дайкой внедрилось маломощное тело щелочных базитов. Последние имеют горячий контакт с долеритами, а также оказывали термальное воздействие на кимберлиты, что и послужило новообразованию пирротина.

**Кривицкий В.А. (Музей Землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова),
Старостин В.И. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
КОНЦЕПЦИЯ КЛАСТЕРНОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МИНЕРАГЕНИИ И
ФОРМИРОВАНИЕ КИМБЕРЛИТОВ**

Все известные модели алмазообразования не решают в полной мере многие поисковые задачи, которые ставит перед нами природа. Накопившийся к настоящему времени фактический материал трудно объяснить с традиционных позиций мантийного образования алмаза. При решении данного вопроса мы опираемся на идеи В.И. Вернадского о роли явления радиоактивности в геохимии и космохимии. Он выдвинул рабочую гипотезу: «Радиоактивный распад химических элементов – превращение одного изотопа в другой – есть не частный случай, а общее свойство земного вещества. Все химические элементы Земли находятся в радиоактивном распаде. Это основной физико-химический процесс, лежащий в основе всех геологических процессов». На современном уровне знаний это кластерный радиоактивный распад атомных ядер и его частный случай, ядерная диссоциация, гипертяжелых, сверхтяжелых и тяжелых атомных ядер и выделяемая тепловая энергия определяет все геотектонические процессы и движение вещества от границы жидкого ядра Земли до верхней мантии. По современным представлениям гипертяжелые ядра по массе равны до 4-х масс Урана, сверхтяжелые ядра, имеют порядковые номера от 114 до 128 и тяжелые элементы таблицы Менделеева. Все эти элементы были захвачены при образовании планет из первичного звездного вещества. В недрах Земли в жидком ядре и нижней мантии атомные ядра не проявляют своих химических свойств – это ядерные осцилляторы, которые поступают в верхнюю мантию и земную кору

с плюмо-апвеллинговыми потоками и с литосферными фумаролами и только там происходит кластерный радиоактивный распад и ядерная диссоциация с образованием порообразующих элементов, и образованием гидросферы, атмосферы углеводородной сферы и процессов рудообразования. Кимберлитовые фазы внедрения – это различные фазы кристаллизации плазменного вещества ультрабазитового состава. Кимберлит – кристаллизовавшийся плазменный диапир, возникающий в головной части плюма, поднявшегося в земную кору. На протяжении всех фазовых преобразований происходит образование легких химических элементов H, He, C, N, O, с выделением дополнительной энергии; образуется большое количество алмаза Π^o рода, который кристаллизуется как наиболее ранний минерал по схеме ядерной диссоциации $Ti \rightarrow 2Mg \rightarrow 4C$. На фазе развития диатремы, когда энергонасыщенность трубочного пространства достигнет максимального значения, при высокой концентрации легких элементов, начинаются процессы низкоэнергетической трансмутации с образованием Si, Ca, Ni, Fe. Другими словами, плотность энергии возбужденной среды в трубочном пространстве приводит к процессам, которые заканчиваются на Fe и Ni по причине экзотермичности и преобладанию в распространении Fe, Ni, как нуклидов с максимальной энергией связи на нуклон. В результате мы имеем высокое содержание Ca в кимберлитах. Кальций образуется в большом количестве так как его ядро является четно-четным $O + 2C \rightarrow Ca$. Кроме указанных элементов в период протекания указанных процессов в трубочном пространстве образуется дейтерий, тритий и тяжелая вода. В последствии эти горные породы могут испускать нейтроны и протоны, так как породы в этой узкой зоне контакта находятся под высоким давлением. Наиболее вероятный сценарий выхода H и n следующий. При становлении кимберлитовой трубки возникает электромагнитное излучение с энергией кванта порядка десятков и сотен килоэлектровольт. При таких энергиях может проходить реакция: ${}_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1$. Так как процесс протекает в замкнутом пространстве при высокой температуре и давлении, образующиеся атомные ядра, указанных элементов, внедряются в горные породы около трубочного пространства, а в дальнейшем диссипируют в атмосферу. Обнаруженная нейтронная эмиссия, показывает, что там протекают ядерно-физические процессы после «взрыва» в трубке. В свете новой концепции важную роль при поисках месторождений приобретает нейтронная съемка.

Криулина Г.Ю., Вяткин С.В., Коногорова Д.В., Гаранин В.К. (МГУ им. М.В.Ломоносова)
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗОВ ТРУБКИ УДАЧНАЯ
КАРЬЕРНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ

В период 2004–2014 гг. на месторождении «Трубка Удачная» Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) осуществлен переход от карьерной к подземной отработке. отработка трубки началась в 1971 г. Карьерная отработка завершена на горизонте – 320 м (абс. отм.). В данной работе представлены результаты исследования алмазов, добытых в 2017 г. на глубине около 450 м., в сравнении с ранее изученными. Месторождение «трубка Удачная» в значительной степени типично для ЯАП. Установление закономерностей изменения минералогических характеристик алмазов с увеличением глубины их добычи дает возможность прогнозирования изменения свойств кристаллов на нижних горизонтах других трубок, подобных Удачной.

Алмазы верхних горизонтов трубки (Зинчук, Коптиль, 2003) характеризуется преобладанием I разновидность по классификации Ю.Л. Орлова (~90%); поликристаллических агрегатов VIII разновидности – до 7%; II, III, IV разновидностей – первые %. Среди кристаллов I разновидности: октаэдров ~22%, кристаллов переходных форм ~27%, ламинарных ромбододекаэдров ~25%; частота встречаемости округлых додекаэдроидов низка (до 12%). Большинство

алмазов – со сноповидной и занозистой штриховками. Окрашенные кристаллы (большинство – коричневые или серые) составляют треть от общего количества. Основная часть алмазов содержит до 800 ат. ppm. структурного азота, доля алмазов с малыми его концентрациями – немногим более 30%, «безазотных» кристаллов около 10%.

В изученной пробе в 2423 кристаллов, принадлежащих двум размерно-весовым группам, со средними массами одного алмаза 0,30–0,45 и 0,10–0,15 карат соответственно:

Преобладают кристаллы I разновидности – 96%. По габитусу преобладают кристаллы комбинационных форм ряда октаэдр – додекаэдрон (40%) и додекаэдрониды (30%), при широком распространении индивидов с антискелетным характером роста граней. Доля плоскогранных октаэдрических кристаллов ~10%. Доля октаэдрических кристаллов со следами растворения увеличена почти на треть по сравнению с алмазами верхних горизонтов, но снижена (до 1,5%) доля кристаллов в оболочках IV разновидности. Кубы единичны (0,7%), представлены III разновидностью. Отсутствуют ярко-желтые кубические кристаллы II разновидности, характерные для верхних горизонтов трубки. Целостность кристаллов снижается. Увеличивается доля окрашенных кристаллов (бесцветных лишь 33%), среди которых резко доминируют коричневые – до 44%, что говорит о более интенсивном развитии процессов пластической деформации. Так же увеличивается доля желтых кристаллов – до 12%. Серых кристаллов – 11%. Характерны алмазы с голубым цветом фотолуминесценции (60%), при высокой доле кристаллов с зональным распределением свечения голубого и желтого цвета (4,3%). Характерны средние содержания структурной примеси азота, что говорит о длительном нахождении кристаллов в высокотемпературных ($>1200^{\circ}\text{C}$) условиях, способствующих развитию процессов пластической деформации.

Лаптев М.М., Грачев А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД ЗИМНЕГО БЕРЕГА В СВЯЗИ С ПРОЯВЛЕНИЕМ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ В ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Территория Архангельской области является одной из наиболее перспективных в России для поисков месторождений алмазов. Промышленно алмазоносный кимберлитовый магматизм пока установлен только на Зимнем Берегу Белого моря, где разрабатываются коренные месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова и им. В. Гриба.

Месторождения алмазов, а также перспективные на алмазоносность, равно как и не имеющие промышленного значения кимберлитовые трубки данного региона, являются закрытыми (слепыми) объектами. Они прорывают породы архейского кристаллического фундамента, образования рифея и венда. Наличие кратерных частей указывает на крайне незначительный денудационный срез трубок. По условиям перекрытия трубки могут быть разделены на два типа: перекрытые толщей рыхлых четвертичных отложений; перекрытые поздними по возрасту коренными породами палеозоя плюс четвертичными отложениями. Первый тип объектов характерен для западной части региона, в том числе для Золотицких проявлений кимберлитового магматизма. В восточном направлении мощность перекрывающей толщи возрастает. Присутствующие, в частности, на площадях Кепинского и Верхотинского проявлений диатремы относятся ко второму типу.

Нами были систематизированы и проанализированы в комплексе содержащиеся в фондовых материалах и печатных изданиях, нередко разрозненные, сведения о девяти физических параметрах слагающих трубки, вмещающих и перекрывающих их пород: удельном электрическом сопротивлении (ρ_0); остаточной намагниченности (I_n); магнитной восприимчивости (χ);

плотности (s); скорости продольных сейсмических волн (V_p); поляризуемости (h); естественной радиоактивности (I_γ); открытой пористости (n_0) и влажности (W). Были использованы и собственные материалы, полученные при проведении поисковых работ на Кепинской площади Зимнего Берега, – результаты детальной каппаметрии керна заверочных скважин, в том числе скважин, вскрывших трубки ЦНИГРИ-Архангельская и ЦНИГРИ-Кепинская. Используя обобщенные петрофизические характеристики кимберлитов, вмещающих и перекрывающих их пород, составлены петрофизические модели кимберлитовых трубок Зимнего Берега.

Согласно моделям, кратерные и жерловые образования трубок отличаются от вмещающих пород повышенными магнитностью и электрической проводимостью, а их жерловые образования, кроме того, и повышенной плотностью. Поисковыми объектами методов электроразведки, применяемых в комплексе с магниторазведкой при заверке перспективных аномалий, являются сопряженные с магнитными локальные аномалии проводимости, связанные с кимберлитами и их корой выветривания.

**Лисковая Л.В., Ковальчук О.Е., Помазанский Б.С., (НИГП АК «АЛРОСА (ПАО)),
Игнатов П.А., Ходня М.С. (МГРИ-РГГУ)
ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ВТОРИЧНОЙ
ПОСТМАГМАТИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД
(ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)**

Одним из развиваемых направлений локального прогноза кимберлитовых пород, осуществляемых в НИГП АК «АЛРОСА» совместно с МГРИ-РГГУ, является комплексное изучение особенностей постмагматической минерализации вмещающих пород. При этом актуальным является разделение воздействия траппов и кимберлитов. Известно, что в кимберлитовом околотрубном пространстве наблюдается: битуминизация, метасоматическое замещение трехвалентного железа на двухвалентное, появление флюидизитовых и карбонатных прожилков, гнезд и вкрапленников кальцита, пирита, редко галенита и халькопирита, окварцевание, хлоритизация, кальцитизация и доломитизация, повышенная декрептоактивность пород. Их изменение можно связать также с подтоком глубинных газов, в том числе CO и CO_2 , что приводит к широкому развитию кальцита, изменение типоморфных особенностей которого, можно проследить на больших площадях.

В настоящее время разрабатывается метод комплексного исследования постмагматической вторичной минерализации на основе геологического, петрографического, рентгенографического, термографического, ИК-спектроскопического, газохроматографического анализа минералов и пород. Признаки магматического воздействия определяются по следующим факторам: 1) анализ площадного размещения эруптивных брекчий основного состава, карбонатных брекчий и прожилков, которые имеют тенденцию к пространственной связи с кимберлитами; 2) присутствие карбонатов с аномально низкими значениями теплоты удельной диссоциации $Q < 300$ дж/гр; 3) повышенные содержания адсорбированного в породе CO_2 ; 4) характер карбонатизации; 5) степень хлоритизации и окварцевания.

Проведено комплексное изучение признаков магматического влияния во вмещающих породах трубок Нюрбинская, Ботуобинская, Интернациональная, Чукукская, эруптивных брекчий базитов Дяхтарской площади, а также осадочных пород участка Сюльдюкарский. На Накынском кимберлитовом поле Западно-Якутской провинции изучены характерные петрографические черты и закономерности распространения в породах нижнепалеозойского осадочного чехла кимберлитов, эруптивных брекчий базитов, флюидоразрывных карбонатных брекчий и

сопровождающих их флюидизитовых прожилков. Во всех изученных объектах, находящихся в зоне магматической деятельности, наблюдается повышенное от 14 до 19% содержание карбонатов с $Q < 300$ дж/гр (при фоне – 1%); аномально высокие содержания адсорбированного в породе CO_2 – от 75 до 1150 мл/кг (фон – 30 мл/кг); усиление неоднородности распределения ассоциаций кальцита и доломита с более частой сменой их доминирования по сравнению с неизмененными осадочными породами; увеличение среднего содержания кварца – от 6 до 32% (фон – 8%) и частоты его встречаемости от 70 до 100% (фон – 47%); увеличение среднего содержания хлорита от 0,3 до 2,7% (фон – 0,2 %) и частоты его встречаемости от 9 до 65% (фон – 4%), который часто является существенно железистым и тонкодисперсным вплоть до рентгеноаморфного. Околотрубное пространство слабоалмазоносной трубки Чукуская имеет наименьшую степень гидротермального и метасоматического изменения вмещающих пород. В осадочных породах участка Сюльдюкарский, представленных алевролитами и аргиллитовыми доломитами кембрийского возраста, выявлены признаки вторичных изменений – наличие 18% измененных карбонатов с $Q < 300$ дж/гр, высокая степень окварцевания и хлоритизации, свидетельствующих о наличии метасоматических преобразований. Такой набор признаков вторичных изменений карбонатных пород, может быть связан с магматической деятельностью траппов или кимберлитов, а также разломной тектоникой.

Результаты работы могут быть использованы, как дополнительная информация для корректировки поисковых работ коренных источников алмазов.

Лобкова Л.П. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Кукуй И.М. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)),

Устинов В.Н. (АО «АГД ДАЙМОНДС»)

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА СРЕДНЕРИФЕЙСКИХ ДАЙКОВЫХ ПОРОД КОСТОМУКШСКОГО ПОЛЯ

Центрально-Карельский алмазоносный район площадью 10 тыс. км² находится на северо-западе Карелии с центром в г. Костомукша и охватывает приграничную с РФ область Финляндии в районе гг. Лентира и Кумо. Он занимает центральную (ядерную) часть Карельского кратона, располагается в области с нормальной и повышенной мощностью земной коры (40–45 км) и низкого теплового потока со значениями < 30 мВт/м² [Загайный и др., 2005].

В районе установлено 3 поля среднерифейских алмазоносных и потенциально алмазоносных магматических пород – Костомукша, Лентира и Кумо, в которых кимберлиты пространственно совмещены с лампроитами и лампрофирами, выполняя обособленные дайки мощностью от 0,2 до 4,0 м и протяженностью 400–500 м. На территории Финляндии, помимо даек, установлен штокверк (500×500 м), образованный ветвящейся сетью прожилков в гранитном массиве. Время формирования пород поля Костомукша, полученное Rb-Sr и Sm-Nd методами, оценивается в $1231 \pm 8,9$ и 1230 ± 5 млн. лет [Belyatsky et al., 1995; Беляцкий и др., 1997; Никитина и др., 1999], возраст пород полей Кумо и Лентира по перовскиту – 1230 млн. лет [Lehtinen et al., 2005].

По комплексу особенностей вещественного состава порфиновые оливин-флогопитовые породы этих полей имеют сходство как с кимберлитами группы II, так и с оливиновыми лампроитами Западной Австралии, занимая промежуточное положение между лампроитами и оранжитами. Такие породы предложено называть кимберлитами группы K2L [Mahotkin, 1998; Lehtinen et al., 2005].

В пределах Костомукшского поля выявлено более 50 даек. Изучены петрографические особенности, морфология и химический состав наиболее глубоких минералов (хромшпинелиды, клинопироксены, флогопиты) из двух разновидностей дайковых пород поля Костомукша: кимберлитов группы K2L и лейцитовых лампроитов.

Кимберлиты группы K2L сложены макрокристаллами и фенокристаллами оливина (20–35%), частично или полностью замещенного серпентином, реже карбонатом и тальком. Корродированные макрокристаллы оливина, размером 1,5–4 мм, имеют угловатую и округлую формы. Фенокристаллы оливина представлены мелкими, изометричными и идиоморфными зернами, реже вытянутыми кристаллами, размером 0,3–0,5 мм, обычно полностью замещенными серпентином. Тонкозернистая основная масса состоит из серпентинизированного оливина, флогопита, пироксена, щелочного амфибола (рихтерита), титанистых рудных минералов, хлорита и карбоната.

Тяжелая фракция (выход 0,43%) состоит из преобладающих агрегатов основной массы и пирита, хромшпинелида (первые %) и единичных знаков - хромдиоксида, рихтерита, апатита, сфена, циркона, церита. По размеру и морфологии можно выделить две генерации хромшпинелидов: +0,25 мм (десятки знаков) и -0,25 мм (сотни знаков). Среди зерен первой генерации установлен широкий морфологический спектр с преобладанием зерен неправильной угловато-округлой формы с разной степенью коррозии, среди мелких зерен резко преобладают остро-реберные плоскогранные блестящие октаэдры.

Хромшпинелиды из кимберлитов K2L представлены монокристалльными зернами и по химизму на диаграммах демонстрируют кимберлитовый тренд. Мелкие остро-реберные октаэдры второй генерации обогащены титаном и окисным железом, по сравнению с более крупными хромшпинелидами, среди которых присутствуют представители алмазной ассоциации.

Флогопит характеризуется повышенным содержанием TiO_2 (5,5–6%) и низким Al_2O_3 (6–8%), что соответствует флогопиту из лампроитов. Хромдиоксид характеризуется вариациями содержания Cr_2O_3 от 0,87 до 3,48% при достаточно высоком содержании Na_2O (1,2–1,9%) и низком Al_2O_3 (0,07–2,46%), что соответствует хромдиоксидам из кимберлитов, в том числе алмазоносных.

Лейцитовые лампроиты поля Костомукша сложены порфиrowыми выделениями флогопита (20–30%), диоксида (10–20%), псевдолейцита (10–15%), оливина (до 10%). Связующая масса состоит из флогопита, диоксида, псевдолейцита, рихтерита, кальцита, рудных минералов, калиевого полевого шпата (ортоклаз, содержащий железо и барий), количество которого может достигать 20–30% объема породы.

В тяжелой фракции (выход 0,48%) преобладают сростки флогопита, амфибола и пирита, присутствуют хромшпинелид, хромдиоксид, диоксид, флогопит, тетраферрифлогопит, щелочной амфибол, в том числе калиевый рихтерит, пирит, магнетит, апатит, сфен, циркон.

Хромшпинелид (десятки знаков) установлен примерно в равных количествах в классах крупности: -0,5+0,25 мм (45%), -0,25 мм (46%) и в небольших количествах (9%) в классе +0,5 мм. По морфологии хромшпинелиды представлены уплощенными и изометричными зернами угловато-неправильной формы. Все зерна корродированы, практически все зональны. Монолитное ядро окружено агрегатной, пористой каймой шириной 30–50 μm . Фигуративные точки состава ядра образуют перидотитовый тренд, а каймы – пикритовый за счет ее обогащения титаном и железом.

Состав барофильных аксессуаров отражает различную глубинность серии дайковых пород в поле Костомукша. Для кимберлитов группы K2L, в которых установлены алмазы, характерно присутствие хромшпинелидов и хромдиоксидов алмазной ассоциации. В лейцитовых лампроитах установлен парагенезис минералов, более низких P - T условий кристаллизации – фации шпинелевых лерцолитов, проявлена зональность хромшпинелидов. Более благоприятные обстановки для кристаллизации алмаза имели место в первичных расплавах кимберлитов состава K2L.

**Мальцев М.В., Разумов А.Н. (Вилуйская ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)),
Толстов А.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))**
**СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ
СЮЛЬДЮКАРСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ТЕЛА,
ЫГЫАТТИНСКИЙ РАЙОН (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)**

Первое кимберлитовое тело нового Сюльдюкарского кимберлитового поля (Ыгыаттинский алмазоносный район), выявлено на левобережье р. Сюльдюкар в бассейне его правого притока Сян. Приурочено оно к узлу пересечения Вилуйско-Мархинской зоны разломов (ВМЗ) северо-восточного направления с разломами Батырской зоны широтного, запад-северо-западного направлений. Первая группа разломов входит в состав западной ветви ВМЗ, обладает низкими идентификационными признаками и картируется в виде непротяженных линейных аномалий, обусловленных объектами, не выходящими на поверхность нижнепалеозойского основания. Батырская зона разломов выражена отдельными кулисообразными нарушениями различной протяженности.

В близлежащих Мирнинском и Накынском кимберлитовых полях региональными кимберлитовмещающими структурами являются зоны пересечения субширотных и субмериональных разломов, геологические особенности которых совпадают с аналогичными структурами на территории локализации Сюльдюкарской трубки. Для Мирнинского кимберлитового поля это узел пересечения ВМЗ с Аппаино-Укугутской ветвью Джункун-Хампинской зоны, в Накынском поле – узел пересечения ВМЗ и Средне-Мархинской зоны разломов.

В структурном отношении Сюльдюкарское кимберлитовое тело приурочено к восточному борту Хатырыкского грабена. Вблизи восточной оконечности Сюльдюкарского кимберлитового поля фиксируется Западный разлом, в зоне влияния которого на южном продолжении в Мирнинском поле располагаются уникальные по продуктивности коренные кимберлитовые месторождения алмазов – трубки Интернациональная и им. XXIII съезда КПСС. Месторождения алмазов Накынского и Мирнинского кимберлитового полей контролируются грабеноподобными тектоническими нарушениями с амплитудой до 80–100 м и протяженностью десятки км (Западный, Параллельный, Ботуобинский и Дяхтарский разломы). Кимберлитовмещающими структурами являются короткие разломы северо-западного (Мирнинское поле) и север-северо-восточного простирания (Накынское поле), оперяющие кимберлитоконтролирующие нарушения ВМЗ.

Таким образом, сравнительный анализ структурно-тектонических особенностей Сюльдюкарской площади с Накынским и Мирнинским полями показывает их сходство, а узел пересечения Вилуйско-Мархинской и Батырской зон разрывных нарушений является наиболее благоприятным для проявления кимберлитового магматизма ранга «кимберлитовое поле», в пределах которого прогнозируется выявление новых алмазоносных кимберлитовых тел.

Микоев И.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ:
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ**

Геофизические исследования стали применяться при поисках кимберлитовых тел в России, тогда ещё в Советском Союзе, практически сразу после открытия первых в стране кимберлитов в середине 50-х годов прошлого века. В 1955 году это была наземная магнитная съёмка, а уже в 1956 – аэромагнитная (АМС). С помощью магниторазведки в те годы были открыты

десятки кимберлитовых трубок. Тогда же появилось и понятие – аномалия «трубчатого» типа. Однако очень скоро выяснилось, что подобные аномалии могут быть связаны с многочисленными объектами иной, некимберлитовой, природы, а сами кимберлитовые трубки могут быть слабомагнитными или вообще не магнитными и, соответственно, не отражаться в магнитном поле.

Точность современных магнитометров, как пешеходных, так и аэро, позволяет фиксировать весьма малоамплитудные аномалии, что, конечно, повысило возможности магнитной съёмки при поисках слабомагнитных кимберлитов. Особенно качественные материалы АМС получаются на основе измерений градиента поля по сравнению с данными прямого измерения полного вектора.

Совершенствование аппаратуры для проведения АМС наряду с неоспоримым положительным эффектом имеет обратную сторону. Если с предыдущими поколениями аппаратуры на изучаемой площади в лучшем случае выделялись десятки аномалий, то в результате повышения точности и детальности съёмки на той же площади выделяются уже сотни аномалий, разбраковать которые наземными геофизическими работами и тем более заверить бурением не представляется возможным. При этом даже с помощью высокоточных аэромагнитных систем многие кимберлитовые трубки обнаружить не удаётся. Таких примеров множество, как в России, так и на Африканском континенте.

Поэтому, оставляя за АМС важную роль, практически все компании, занятые алмазописковыми работами, всё активнее привлекают также другие геофизические методы, и, главным образом, аэроэлектроразведку.

Из аэроэлектроразведочных систем наибольшую эффективность при алмазописковых работах в разных регионах Мира показал метод переходных процессов (МПП).

В России применение аэроэлектроразведки МПП при поисках кимберлитов началось относительно недавно, и пока нет достаточной статистики. На Африканском континенте эти работы ведутся во многих странах и накоплен большой материал, подтверждающий эффективность АМПП. Так, по данным Xcalibur примерно 50% кимберлитовых тел выделяются и в магнитном поле и по данным электроразведки, 25% – только в магнитном поле и 25% – только по электроразведке.

На концессии ГРО «Катока» (Ангола) результаты в пользу электроразведки ещё показательнее. Из всех выявленных здесь кимберлитовых тел 60% проявляются как в магнитном поле, так и в электромагнитном, 8% проявляются только в магнитном поле и не выделяются по данным аэроэлектроразведки и 32% выделяются только по данным аэроэлектроразведки.

Эти цифры наглядно демонстрируют, что без аэроэлектроразведки значительная часть кимберлитовых тел не была бы обнаружена.

Выявленные по данным аэрогеофизики аномалии, как правило, заверяются наземной геофизической съёмкой с целью уточнения контуров аномалии, оценки её перспективности и определения точек заложения буровых скважин. Наиболее распространённым методом заверки/детализации аэроаномалий является наземная магнитная съёмка. Однако зачастую такой метод заверки определяется доступностью и простотой метода, устоявшимися традициями, но далеко не всегда – эффективностью решения задачи. В Анголе, например, при заверке аэрогеофизических аномалий (комплекс аэрогеофизики включает здесь магнитную съёмку и аэровариант МПП) наземная магнитная съёмка практически не используется – только МПП, и результативность такого комплекса весьма убедительна.

В условиях Зимнебережного района (Архангельская область) наземная магниторазведка даже усложняет задачу заверки/разбраковки. Кимберлитовые трубки района по данным

аэромагнитной съёмки, как правило, представляют собой положительные аномалии магнитного поля так называемого «трубочного» типа, а по результатам наземных работ многие аномалии распадаются и контуры тела и, соответственно, точки заложения буровых скважин не могут быть определены. Более того, в результате разбраковки только магнитной съёмкой такие аномалии вообще могут быть признаны бесперспективными и не заслуживающими дальнейшего изучения или заверочные скважины будут заданы не там, где надо. Подобная история имела место на трубке им. В. Гриба. Вполне возможно, что это не единственный случай и казалось бы уже заверенные аномалии на самом деле таковыми не являются.

Поэтому аналогично аэрогеофизике для наземных работ необходимо привлекать другие геофизические методы, главным образом электроразведку, как наилучшим образом соответствующую петрофизической (геоэлектрической) модели трубки, вмещающих и перекрывающих её пород, установленной для многих регионов мира.

В простых поисковых обстановках с успехом используются давно известные методы сопротивлений, чаще всего дипольное электрическое профилирование (ДЭП). В Далдынском поле (Якутия) в условиях маломощных перекрывающих отложений с помощью электроразведки методом ДЭП открыты многие кимберлитовые трубки. В более сложных условиях (мощные и/или неоднородные по электрическому сопротивлению перекрывающие отложения) наибольшее распространение, как и при аэрогеофизических съёмках, получил метод переходных процессов.

Анализ применения геофизических методов при поисках кимберлитов в России и за рубежом показывает, что основной сложившийся в мировой практике комплекс включает магнитную съёмку и электроразведку в различных модификациях. В ряде случаев используется наземная гравиразведка, но результаты её зачастую неоднозначны.

Из скважинных методов можно отметить межскважинное радиоволновое просвечивание (РВП), которое особенно эффективно в условиях мощных и неоднородных перекрывающих кимберлитовые трубки отложений. РВП с успехом применялось в Якутии, но метод применим только при наличии сети скважин. Подобная технология (бурение по сети) при поисках кимберлитов используется, пожалуй, только АК «АЛРОСА» и поэтому в других компаниях метод в качестве поискового распространения не получил.

Прочие многочисленные методы геофизики в алмазопроисковой практике применяются значительно реже: часть из них ещё находится в стадии разработки или адаптации к алмазопроисковым задачам, часть слишком дорога и потому экономически нецелесообразна, а часть не показывает сколько-нибудь значимых результатов.

Мясников Ф.В. (пенсионер)
ГЛУБИННЫЕ КРИТЕРИИ СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО
МАГМАТИЗМА ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Чернышевской геологоразведочной экспедицией в 1988–1996 гг. в пределах Вилуй-Мархинского междуречья на площади 300 тыс. км² выполнено объемное физико-геологическое моделирование (ФГМ) земной коры. В качестве модели строения земной коры принята трехслойная модель Н.И. Павленковой, а базовыми данными послужили сейсморазведочные материалы ГСЗ, МОГТ и результаты гравиметрических съёмок масштаба 1:200 000 (Калмыков и др., 1996, ЧГРЭ).

Выполнен анализ построений и результатов ФГМ, в том числе, с использованием процедур фрактального анализа данных. Основанием для работы являлось выяснение причин

дискордантности общего структурного плана гравитационного, прежде всего, поля и ряда характеристик консолидированной земной коры территории, которая наблюдается при анализе отчетных материалов моделирования.

По материалам работы получены новые результаты и выводы:

В пределах территории Вилуй-Мархинского междуречья фиксируются иерархически (фрактально) построенные пространственно-временные структуры деструкции (блоковой делимости) верхнего и среднего отделов консолидированной коры, формирование которых завершилось в позднем протерозое и к которым приурочены среднепалеозойские кимберлитовые поля. Образование структур привело к формированию указанной выше дискордантности.

Деструктивные структуры отражают результат длительного становления, взаимодействия и развития крупных блоков земной коры, возможно, Маганского, Мархинского и Далдынского террейнов, и являются разломными зонами – зонами тектонического взаимодействия (коллизии) указанных террейнов, которое осуществлялось неоднократно на различных этапах геологической истории Сибирской платформы с проявлением сдвигового тектогенеза и магматизма, в том числе кимберлитового. Проявленность масштабов деструкции, сопряженных с разломными зонами, убывает с северо-запада на юго-восток, что обуславливает, по нашему мнению, аналогичную проявленность кимберлитового вулканизма на территории междуречья.

Разломные зоны – Далдыно-Оленекская (северо-восточного простирания), Котуйканская и Мархинская (обе – северо-западного) являются долгоживущими кимберлитоконтролирующими структурами мантийного заложения, которые рекомендуется рассматривать как алмазные минерагенические зоны. В связи с эредитарностью геологической среды, указанные структуры, как зоны мантийного заложения и длительного развития, фиксируются как на поверхности кристаллического фундамента территории, так и в других формах геологического пространства.

Перспективными на выявление кимберлитовых полей являются площади, входящие в состав минерагенических зон, в пределах которых выявлены антиформы разуплотненного ПС повышенной мощности и блоки ГГС небольшой мощности, но пониженной плотности.

Проявленность кимберлитового магматизма в пределах полей определяется взаимодействием разноранговых и разновозрастных систем тектонических нарушений, среди которых важное значение имеют пересекающиеся с указанными минерагеническими зонами рифтоподобные дислокации, возникшие в обстановках растяжения, как в фундаменте, так и в осадочном чехле.

Материалы моделирования показывают, что трехслойная модель строения земной коры является хотя и упрощенным представлением ее реальной блоково-иерархически и сложно-организованной структуры, однако полученные результаты рекомендуется учесть при прогнозно-минерагенических исследованиях и поисковых работах на алмазоперспективных территориях Якутской алмазоносной провинции.

Мясников Ф.В. (пенсионер)

О ТЕКТОНИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ МИРНИНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Проблема тектонического контроля Мирнинского кимберлитового поля Якутской алмазоносной провинции остается нерешенной. Официальная парадигма ГРК «АЛРОСА» рассматривает Вилуйско-Мархинскую зону (ВМЗ) глубинных разломов как кимберлитоконтролирующую. Размещение кимберлитовых полей определяется пересечением зон краевых дислокаций

ВМЗ с секущими ее рифтоподобными зонами разломов, генетически связанными с областями тектоно-магматической активизации (Проценко, Толстов, Горев, 2018).

Выполнено рассмотрение положения и проявленности тектонических нарушений, входящих в состав зоны краевых дислокаций (разломов Восточный, Центральный, Западный, Буордахский и других, расположенных западнее перечисленных) ВМЗ относительно структурных элементов гравитационного поля по данным решения прямой задачи гравиразведки. Показано, что в гравитационном поле от поверхности Мохо, от поверхности Мохо и нижней коры, от поверхности Мохо, нижней и средней коры, от поверхности Мохо и консолидированной коры в пределах территории Мирнинского поля и сопредельных площадях разломы зоны краевых дислокаций не отражаются. Их присутствие фиксируется лишь в структуре гравитационного поля от платформенного чехла и, отчасти, в гравитационном поле от гранитогнейсового слоя консолидированной коры. Наблюдается коррелируемость их положения и простирания с гравиметрическими ступенями гравитационного поля от чехла, которые, в свою очередь, соответствуют уступам в рельефе современного положения поверхности кристаллического фундамента территории. Приведенные материалы показывают, что дизъюнктивы зоны краевых дислокаций из-за того, что они не проникают в земную кору и верхнюю мантию нельзя относить к категории глубинных разломов и, как следствие, кимберлитоконтролирующих.

Данные грави- и магниторазведки, сейсморазведки ГСЗ и МОГТ, многочисленные результаты их обработки и анализа, а также геологические материалы свидетельствуют о том, что структурно-тектоническое и глубинное положение Мирнинского кимберлитового поля обусловлено доплатформенным геологическим развитием территории Мало-Ботуобинского района и, в целом, Сибирской платформы. При этом, блоковую структуру верхней мантии и консолидированной коры, сформировали глубинные разломы анабарид позднеархейского возраста субмеридионального простирания, а также другие глубинные разломы докембрийского (протерозойского) возраста, относящиеся к Ангара-Вилуйской и Вилуй-Котуйским системам северо-восточного, субширотного и северо-западного простирания. Указанные системы глубинных разломов оказывали существенное влияние на историю формирования образований осадочного чехла и его тектоническую структуру, в чем и состоит эрeditарность геологической среды.

Проявленность кимберлитового магматизма в пределах Мирнинского поля определялась взаимодействием разноранговых и разновозрастных систем тектонических нарушений, среди которых важное значение имели пересекающиеся с северо-западными глубинными сложно-построенными разрывными дислокациями рифтоподобные структуры иных направлений, преимущественно – северо-восточного простирания. Предполагается, что, в совокупности с первыми, они были активизированы и продуцировали кимберлиты в условиях сжатия-растяжения при тектономагматических процессах, проявленных на рубеже девона и карбона в пределах Северо-Азиатского кратона, а также его обрамления при геодинамическом взаимодействии последнего с Монголо-Охотским складчатым поясом.

Николаева Э.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИИ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ КИМОЗЕРСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ, КАРЕЛИЯ

Раннепротерозойские алмазоносные кимберлиты Кимозерского проявления в Карелии являются одними из наиболее древних в мире. Их алмазоносность установлена непосредственно опробованием. Кристаллы 0,2–2,0 мм, редко до 5 мм представлены бесцветными октаэдрами,

реже комбинационными формами типа октаэдр-додекаэдроид и шпинелевыми двойниками, на которых встречаются пятна радиационной пигментации.

Алмазы изучены методами ИК спектроскопии и фотолюминесценции, проведено их морфологическое описание. Все алмазы относятся к I разновидности по Ю.Л. Орлову. Исследования показали, что по характеру физических свойств и морфологическим особенностям алмазы можно разделить на три группы.

Группа 1 объединяет алмазы с хорошо выраженными кристаллографическими формами: октаэдры и двойник по шпинелевому закону. На поверхности кристаллов наблюдаются обратно-параллельные треугольные впадины, полицентрический рост и ступенчато-пластинчатое развитие граней. При облучении УФ-светом в образцах 1 группы возбуждается люминесценция голубого и зеленого цвета (спектральные системы N3 и H3). Спектры поглощения отвечают по физической классификации безазотным алмазам Па типа. Их характеризуют полосы в диапазоне частот $5000\text{--}1667\text{ см}^{-1}$, которые отражают собственное поглощение решетки алмаза. Алмазы лишены примесного азота (отсутствие полос поглощения в длинноволновой области ($1250\text{--}500\text{ см}^{-1}$)).

Вторую группу образуют алмазы октаэдрического габитуса, окрашенные в зеленоватый цвет с темно-зелеными пятнами радиационной пигментации разной интенсивности. На поверхностях кристаллов часто наблюдается ступенчато-пластинчатое развитие граней, полицентрический рост, шагреньевые скульптуры, обратно-параллельные треугольные впадины, каналы травления. Фотолюминесценция у образцов данной группы проявлена очень слабо и имеет зеленый цвет (система H3). Большинство кристаллов данной группы содержат в ИК-спектре характерную для алмазов полосу поглощения системы B1 (1175 см^{-1}), реже проявлены системы A и B2 (1282 см^{-1} и 1365 см^{-1}). Наличие данных систем обусловлено присутствием в структуре кристалла примесного азота. По физической классификации данная группа отвечает наиболее распространенному типу Ia.

Третья группа представлена прозрачными бесцветными обломками кристаллов. На поверхности которых просматриваются октаэдрические грани и их реликты, а также округлые поверхности и поверхности образованные путем ступенчато-пластинчатого развития граней (антискелетный рост). Наблюдается присутствие треугольных впадин растворения. Некоторые кристаллы имеют сколы, зеленовато-бурые пятна пигментации и мелкие черные включения. В ИК-спектрах поглощения присутствует только собственное решеточное поглощение на частотах $5000\text{--}1667\text{ см}^{-1}$, что свидетельствует об отсутствии примесного азота в структуре кристаллов. По физической классификации это безазотные алмазы Па типа.

Результаты сравнительного анализа минералогических и физико-химических особенностей алмазов Кимозерского проявления и известных кимберлитовых трубок Якутии показывают, что последние характеризуются более разнообразным морфологическим спектром и гранулометрическим составом алмазов. Им свойственна повышенная концентрация азотсодержащих алмазов, тогда как в кимберлитах Кимозерского тела доминируют безазотные алмазы Па типа, что может свидетельствовать о различных термодинамических и геохимических условиях образования карельских и якутских алмазов.

**Пенделяк Р.Н., Морозов А.В., Могутова В.А. (АО «АГД ДАЙМОНДС»)
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТРУБКИ ИМ. В.ГРИБА И ЕЁ ИНДИКАТОРНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ**

Трубка им. В.Гриба, составляющая одноимённое месторождение алмазов, открыта в 1996 году в пределах Верхотинского поднятия кристаллического фундамента. Трубка контролируется разломом север-северо-восточного простирания (аз. 8°) мощностью 50 м. Запасы месторождения утверждены протоколом ГКЗ в 2010 г., промышленная отработка месторождения ведётся с 2014 г.

Трубка прорывает слаболитифицированные осадочные породы верхнего рифея и верхнего венда общей мощностью 1150 м, а перекрывается терригенно-карбонатными породами среднего карбона и четвертичными отложениями общей средней мощностью 66 м. Приконтактовые изменения незначительны, мощность зоны эндоконтакта составляет не более 1 м. Трубка представлена породами двух фаз внедрения (ксенотуфобрекчия и кимберлит), резко различающимися как по составу, так и по уровню алмазоносности, и кратерными вулканогенно-осадочными отложениями, участками визуально схожими с вмещающими дезинтегрированными отложениями.

В плане по поверхности трубка имеет размер 575×500 м, характеризуется ромбовидноокруглой формой, вытянутой в северо-восточном направлении (аз. 25°). С глубиной размер трубки уменьшается, при этом возрастает вытянутость в северо-восточном направлении. В вертикальном разрезе она представляет собой перевернутый конус, с раструбом в верхней части. По мере отработки месторождения уточняются морфологические параметры трубки. Так, на глубине 230 м (отм. -120, подошва падунской свиты верхнего венда), по зоне кимберлитовмещающего разлома, наблюдается резкое клинообразное расширение трубки на 100 м в южном направлении. Выше по разрезу это расширение перекрывается безструктурными отложениями падунской свиты верхнего венда, которые по керну диагностируются как дезинтегрированные вендские отложения и никоим образом не говорят о близости трубки.

В геофизических полях трубка выражена слабо. В локальном аэромагнитном поле трубка выражена слабоконтрастной аномалией интенсивностью 4 нТл, эпицентр которой смещен к востоку от геометрического центра трубки на 200 м. По результатам наземной съёмки эпицентр аномалии также смещён на 200 м в северо-восточном направлении. Причина смещения эпицентра аномалии – это восточное направление (под углом 75°) вектора намагниченности пород, выполняющих трубку. По электропроводимости породы трубки не отличаются от вмещающих отложений, лишь на её восточном фланге фиксируется проводящий объект глубинного залегания размером 100×150 м, который, по всей видимости, связан с кратерными отложениями. В результате скважина 906, заложенная в 1987 году по графикам наблюждённого магнитного поля, была пробурена в 100 м к востоку от трубки, а после повторного проведения в 1995 году наземной магнитной съёмки масштаба 1:5000 в комплексе с профильной электроразведкой методом ДИМ, скважина 441/1, пробуренная в 150 м к юго-западу от проводящего объекта и в 200 м к югу от эпицентра магнитной аномалии, вскрыла породы кратерной части трубки.

Анализ индикаторных особенностей месторождения им. В.Гриба, позволяет выделить прогностно-поисковые критерии, применимые при проведении поисковых работ на лицензионных площадях на территории Зимнебережного алмазоносного района:

Разбраковка аэрогеофизических аномалий комплексом методов, в том числе магниторазведка, электроразведка, структурно-тектонический анализ.

Заверка аномалии должна выполняться минимум 3–5 скважинами, причём первая скважина бурится в эпицентре магнитной аномалии, вторая – в эпицентре аномалии проводимости, третья – с учётом расчётного вектора намагниченности, ещё две – по результатам бурения первых трёх скважин.

Бурение поисковых скважин до достижения структурных вендских отложений и 50 м по ним. При наличии дезинтегрированных вмещающих отложений бурение продолжается до достоверного выхода скважины во вмещающие породы.

Подвысоцкий В.Т., Остафийчук Н.Н. (ЖГТУ, Украина)
ДРЕВНИЕ АЛМАЗОНОСНЫЕ КОНГЛОМЕРАТЫ РАЙОНА ДИАМАНТИНА,
ШТАТ МИНАС-ЖЕРАЙС, БРАЗИЛИЯ

Полевое знакомство с алмазонасными конгломератами Диамантины осуществлялось в процессе геологической экскурсии, организованной местными геологами в рамках Международного геологического конгресса, который проходил в г. Рио-де-Жанейро в 2000 году. Из «хвостов» обогащения старателей были отобраны пробы концентрата и изучены впоследствии в компании АЛРОСА в г. Мирном. Ранее эти материалы не публиковались.

На участке посещения объекта, где трудятся местные старатели «гаримпейрос», рассматриваемые конгломераты выходят на поверхность. В литологическом отношении это гравелиты, мелкогалечные конгломераты с прослоями кварцевых песчаников. Видимая мощность толщи 4–5 метров, алмазонасных горизонтов – 0.5–0.8 м. Породы довольно слабо сцементированные, цемент песчано-глинистый. Промывка их старателями осуществляется без предварительного дробления. Крупнообломочная часть пород представлена гравием и галькой кварца и метаморфических пород. Окатанность обломков средняя и высокая.

Основными минералами в изученных пробах концентрата являются магнетит, гематит, марганцевый минерал, серицит, кварц, турмалин, циркон, рутил, монацит, сфен, гетит, лимонит по пириту. На основании морфологических особенностей все присутствующие в пробах минералы могут быть подразделены на три группы, соответствующие, как минимум, трем разновременным и генетически разнородным геологическим процессам, участвующим в образовании алмазонасных конгломератов:

- формирование нормально осадочной толщи кварцевых песчаников, гравелитов, конгломератов;
- вулканические извержения – эксплозивный прорыв, эффузивные излияния (возможно подводные), которым в настоящее время на смежных территориях соответствуют палеопотоки, секущие и силлоподобные тела;
- метаморфизм зеленосланцевой фации.

К первому событию относится минеральная ассоциация из кварца, турмалина, ильменита, рутила, сфена, монацита, ксенотима, циркона. Минералы имеют преимущественно округлую форму окатывания, иногда с наложенными скульптурами растворения (кварц, турмалин).

Со вторым событием, вулканическими извержениями, связана ассоциация минералов: магнетит–гематит–гетит–марганцевый минерал - фосфаты. Магнетит, как и мартит, встречается преимущественно в виде октаэдров - остросереберных и со сглаженными ребрами.

С метасоматозом и метаморфизмом зеленосланцевой фации связано замещение монтмориллонита серицитом, а также образование тонкоиглычатого турмалина, шестоватых кристаллов рутила и сфена.

Таким образом, рассматриваемые породы представляют собой слабо метаморфизованную вулканогенно-осадочную породу. По устному сообщению местных геологов, возраст конгломератов позднепротерозойский. Алмазы в них являются аллотигенной составляющей. Песчаники, гравелиты и конгломераты образовались как первичный коллектор после размыва древних (рифейских?) кимберлитов. Разрушение коренных алмазоносных пород осуществлялось до проявления трех вышеотмеченных геологических событий. Изученные образования необходимо рассматривать как ископаемые россыпи. Каким образом рассматриваемые конгломераты соотносятся с алмазоносными филлитами Бразилии сказать затруднительно.

**Похиленко Н.П., Афанасьев В.П., Агашев А.М., Похиленко Л.Н. (ФГБУ ИГМ СО РАН)
ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ
СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ КИМБЕРЛИТОВ,
ПРОЯВЛЕННЫХ НА ЕЕ ТЕРРИТОРИИ**

Процессы образования большей части литосферных алмазов связаны со временем, когда корневые части формирующейся литосферы Земли для ее протоплатформенных блоков достигли глубин, отвечающих по P - T параметрам области стабильности алмаза. Как показали петрологические и изотопно-геохимические исследования для Сибирской платформы (СП) и Капваальского кратона это произошло в среднем архее на рубеже около 3,5 млрд. лет назад (Pearson et al., 1993, 1995; Pokhilenko et al., 1991, 1993). Близкие возраста имеют и наиболее древние алмазы, однако абсолютное большинство литосферных алмазов U-типа образовались в период от 3,2–2,8 млрд. лет назад как результат низкой степени воздействия сублитосферных карбонатитовых расплавов на истощенные перидотиты (Pokhilenko et al., 1991, 1993, 2015; Stachel, Harris, 2008; Shirey et al., 2013). Уровень алмазоносности этих перидотитов был неравномерен и зависел от ряда обстоятельств: а) P - T условий в области стабильности алмаза, связанных с мощностью литосферы и тепловым потоком для конкретного блока; б) степени проницаемости конкретной зоны литосферы на глубинах в области стабильности алмаза; в) степени метасоматической проработки перидотитов карбонатитовыми расплавами, поскольку процессы образования алмазов связаны только с начальными стадиями карбонатитового метасоматоза истощенных перидотитов (Pokhilenko et al., 1991, 1993, 2015; Shimizu et al., 1999; L. Pokhilenko et al., 2014); г) исходных red - ox условий системы, зависящих от степени истощенности перидотитов, которая, в свою очередь, зависела от степени частичного плавления примитивного вещества планеты. В дальнейшей истории истощенных перидотитов литосферной мантии (ЛМ) СП возможности сохранения в них алмазов определялись рядом обстоятельств, главными из которых были: различия в мощности ЛМ блоков; характер и степень метасоматической проработки перидотитов СП в протерозое и палеозое: высокие уровни проработки, как карбонатитового, так и силикатного типа даже весьма мощных, как, к примеру, под Далдынским и Алакитским полями, блоков ЛМ, создавали условия для генерации значительных объемов кимберлитовых расплавов, но уничтожали алмазы в перидотитах ЛМ; степень проницаемости различных зон в период после образования литосферных алмазов; различия энергетического потенциала и характера процессов, приводящих к образованию протокимберлитовых расплавов и др. Высокую алмазоносность на территории СП имеют кимберлиты среднепалеозойского возраста южных полей – Мирнинского и Накынского, с общим незначительным количеством тел, что может быть связано: а) с низкой проницаемостью блоков литосферы большой мощности под ними; б) с низкой степенью метасоматической проработки карбонатитового типа истощенных перидотитов ЛМ этих блоков; в) неагрессивным по отношению к алмазам протокимберлитовым

расплавом. Причинами низкой средней алмазоносности кимберлитов и множества их тел в ряде полей среднепалеозойского возраста севернее Мирнинского и Накынского, могут быть: меньшая мощность литосферы в блоках СП под некоторыми из этих полей; высокая степень проницаемости и метасоматической проработки (карбонатитовой и силикатной) истощенных перидотитов ЛМ в период до формирования этих полей; более агрессивный по отношению к алмазам тип кимберлитовых расплавов. Тем не менее, в пределах северо-восточной части СП имеются надежные признаки присутствия еще не выявленных высокоалмазоносных кимберлитов среднепалеозойского возраста. С учетом масштабного метасоматоза ЛМ СП расплавами Сибирского суперплюма вероятность выявления богатых алмазами мезозойских кимберлитов в пределах СП невелика.

Проценко Е.В., Горев Н.И. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЕЙ
ВИЛЮЙСКО-МАРХИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Минерагеническая роль Вилуйско-Мархинской зоны разломов, маркирующей северо-западный борт Палеовилуйского авлакогена (ПВА), признается многими исследователями. В ее пределах известны три продуктивных кимберлитовых поля – Мирнинское, Накынное и Сюльдюкарское.

Большая часть территории Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны (ВММЗ) перекрыта терригенными, вулканогенными и магматическими породами верхнего палеозоя и мезозоя. Эффективность основных поисковых методов (магнитометрического и шлихоминералогического) в «закрытых» районах значительно ниже, а стоимость ГРП на порядки выше, чем при поисках на площадях «открытого» типа. В такой ситуации правильный выбор перспективных площадей имеет большое значение и должен базироваться на комплексе надежных прогнозно-поисковых признаков и предпосылок. Важное место в их ряду занимают структурно-тектонические критерии.

Многолетними исследованиями установлено, что кимберлитовые поля, как правило, располагаются в узлах пересечения зон разломов. Пространственно они приурочены к стабильным блокам в зоне влияния рифтоподобных структур, генетически связанных с областями тектономагматической активизации. Локализация подобных тектонических узлов внутри (ВММЗ) сопряжена с определенными трудностями. Во-первых, это значительная ширина зоны от 30 км на юге, до 160 км на северо-востоке. Во-вторых, широкое развитие в ее пределах разновозрастных (дорудных, рудных и пострудных) пликтивных и дизъюнктивных дислокаций, затрудняющих выделение среднепалеозойских структур, синхронных внедрению кимберлитов, что является одной из важнейших задач тектонического анализа.

Для решения отмеченных проблем на всю территорию ВММЗ построен комплект тектонических карт различной детальности и выполнен палеотектонический анализ. В осадочном чехле выделены и прослежены разнотипные и разновозрастные структуры, в том числе и синхронные кимберлитовым таксонам ранга «кимберлитовое поле».

Анализ выполненных построений позволил установить:

В поперечном сечении Вилуйско-Мархинской зоны разломов выделяются три ветви: центральная (осевая), внешняя (западная) и внутренняя (восточная), каждая из которых характеризуется как общими, так и индивидуальными структурными особенностями.

Секущие зоны в структуре кимберлитовмещающего комплекса выделяются линейными прогибами либо входящими углами, а на палеотектонических картах – повышенными

остаточными мощностями нижнепалеозойских пород. В кровле кимберлитовмещающего комплекса они проявлены не отчетливо.

Узлы пересечения отдельных ветвей ВММЗ с секущими зонами обладают более сложным, по отношению к сопредельным участкам, структурным планом и именно к ним тяготеют известные кимберлитовые поля.

Основные тектонические элементы Мирнинского и Накынского кимберлитовых полей проявлены в современном структурном плане и на палеотектонических картах (карты остаточных мощностей). В кровле нижнепалеозойских отложений и в перекрывающем комплексе они отражены либо очень слабо, либо вообще не фиксируются. Это свидетельствует о среднепалеозойском возрасте как пликативных, так и дизъюнктивных дислокаций.

Выявленные особенности строения ВММЗ могут быть использованы при прогнозировании в качестве мелко-среднемасштабных структурно-тектонических критериев, в том числе и ранжировании тектонических структур по возрасту формирования и активизации.

**Прусакова Н.А., Громцев К.В., Лаптев М.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ БЕЛОМОРСКО-ЛАПЛАНДСКОГО
ГРАНУЛИТО-ГНЕЙСОВОГО ПОЯСА В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ПЕРСПЕКТИВ ЕГО
АЛМАЗОНОСТИ**

Представления об особенностях глубинного строения литосферы Лапландско-Беломорского пояса (ЛБП) базировались на анализе и обобщении интерпретационных данных (полученных в разные годы многими организациями и исследователями) глубинных сейсмических, геотермических, магнитотеллурических исследований, данных по петрологии мантийных ксенолитов из кимберлитов, интерпретации аномальных особенностей потенциальных полей. При этом рассматривались и сопредельные с ЛБП территории.

В результате в изучаемом регионе по комплексу проанализированных данных была выделена региональная (площадью порядка 700 тыс. км²) область литосферы с мощной древней субконтинентальной литосферной мантией, прослеживающейся, по крайней мере, до глубин 200–250 км (в поле стабильности алмаза) - алмазоносный мантийный киль. Она охватывает большие части Карельского, Кольского кратонов и разделяющего их ЛБП, выделяемых в современной структуре докембрийского фундамента. Предполагается, что данный алмазоносный мантийный киль мог сформироваться в архее в процессе коллизии двух стабильных блоков континентальной коры – Кольско-Норвежского и Фенно-Карельского (разделенных океаническим бассейном), с созданием Кольско-Карельского палеоконтинента. В пределах выделенной области алмазоносной мантии расположены практически все (за исключением Тиманских) проявления разновозрастного и в различной степени алмазоносного (в том числе и промышленно алмазоносного) кимберлитового и родственного ему магматизма севера Восточно-Европейской платформы.

Учитывая историю тектонического развития рассматриваемого региона, этот киль не мог оставаться в абсолютно «законсервированном» состоянии, подвергаясь воздействию разнообразных деструктивных процессов постархейского возраста. Однако даже в этом случае не происходило полного разрушения алмазоносной литосферной мантии и, вероятно, сохранились ее реликтовые блоки. Выделение таких блоков проведено на основе детализации рассматриваемых глубинных характеристик литосферы.

Два литосферных реликтовых блока с алмазоносной мантией – Северо-Карельский и Кольско-Беломорский, выделены в пределах ЛБП. Северо-Карельский блок приурочен к внешней

западной зоне Беломорского неоархейского коллизионного орогена (Беломорского пояса), входящего в состав ЛБП. С этим блоком в настоящее время связываются перспективы коренной алмазности в данном регионе. Большая часть Кольско-Беломорского блока приурочена к Лапландско-Кольскому палеопротерозойскому коллизионному орогену, также выделяемому в составе ЛБП. В его пределах находятся все вскрытые проявления алмазности и неалмазности среднепалеозойских кимберлитов и родственных им пород, в том числе и Зимнего Берега с месторождениями им. Ломоносова и им. В. Гриба. Он является наиболее перспективным в плане коренной алмазности.

В глубинном строении литосферы территории Зимнего Берега выделена субвертикальная мантийно-коревая неоднородность, связываемая происхождением с формированием и развитием здесь гетерогенной кимберлитобразующей системы. Различные по своей представительности группы (поля и кусты) вскрытых тел кимберлитов и родственных им пород пространственно ассоциируют с проявленными на различных глубинных уровнях элементами этой системы. В то же время в системе установленных глубинных неоднородностей обособляется ряд участков, неостребованных недропользователями, в пределах которых возможно, по-видимому, обнаружение новых алмазности тел.

Ратьков С.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ ГРУППЫ АК «АЛРОСА»

Эра цифровых технологий и поэтапная автоматизация труда человека во всех сферах его деятельности привела к тому, что в современных горнорудных компаниях активно ведется работа над созданием баз данных, средств оперативного доступа к информации, внедрением технологий самообучающегося искусственного интеллекта и пр. Это, в свою очередь, позволяет автоматизировать обработку исходной информации и выдавать конечный результат в ощутимо более короткие сроки, что приводит к значительной экономической эффективности.

АК «АЛРОСА» (ПАО), стремясь к внедрению новых и инновационных технологий, повышению своей эффективности особое внимание уделяет цифровизации производственных процессов, созданию благоприятной среды для реализации геоинформационных проектов. Таким образом, в НИГП инициированы работы по созданию единого геолого-информационного пространства (ЕГИП). Планируется, что ЕГИП будет сочетать геолого-геофизические банки данных и средства управления ими, современные ГИС-технологии, векторные редакторы, современные средства пространственного поиска информации и их визуализации посредством Web-интерфейса с предоставлением разграниченного доступа.

Ядром ЕГИП должны стать единые централизованные банки данных геолого-геофизической информации разделенные по принципу хранения определенного набора информации, характерного для той или иной деятельности предприятий ГРК АК АЛРОСА, которые должны формироваться на основе существующих в предприятиях, с централизацией и объединением баз данных, дублирующих функциональное назначение. Выбор клиентских средств, позволяющих осуществлять ввод информации и обеспечивать доступ к данным, должен производиться, исходя из соответствия бизнес-процессам ГРК и позволяющим производить ввод данных, исходя из специфики процесса. Программные средства должны позволять анализировать данные с учётом ассоциативных связей, оценивать ситуацию и делать прогнозы. Все решения в рамках ЕГИП предполагается трансформировать в ДЗО (ПАО «Севералмаз», АО «Алмазы

Анабара»), с целью создания единых подходов к работе с геолого-геофизической информацией, обеспечения единых стандартов в ее накоплении.

На сегодняшний день в предприятиях ГРК АК «АЛРОСА» (ПАО) функционируют отдельные элементы геолого-информационного пространства, которые должны стать основой для создания ЕГИП. Не имея общей модели и набора общих форматов обмена, единых легенд и стандартов в накоплении и отображении информации, обеспечить их сбалансированное взаимодействие крайне сложно.

Исходя из этого следует разделить три основных направления, в рамках которых должны выполняться определенные мероприятия: создание единых банков данных по направлениям, на основе клиент-серверной технологии; обеспечение централизованного разграниченного доступа к базам данных с использованием Web-ресурсов и каталогизаторов; регламентирование деятельности по накоплению данных, хранению и обеспечению доступа, обеспечение актуальности данных и их достоверности.

В результате реализации ЕГИП планируется создать общую геолого-информационную инфраструктуру, где первичная и интерпретированная поисковая геологическая, геофизическая, минералогическая и др. информация от структурных подразделений ГРК АК «АЛРОСА» (ПАО), будет непрерывно поступать в центральные базы данных, откуда, посредством единого Web-ресурса, ее смогут получить все заинтересованные сотрудники, согласно уровням доступа. Это позволит значительно повысить прозрачность процессов, облегчить получение доступа к геолого-геофизической информации.

**Саблуков С.М., Саблукова Л.И. (ООО ИНПК «РУСГЕО»),
Карпенко М.А. (Нюрбинский ГОК АК «АЛРОСА» (ПАО)),
Килижеков О.К. (Ботуобинская ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО))**
**СЛОЖНОПОСТРОЕННЫЕ ЗРЕЛЫЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КИМБЕРЛИТОВ,
РОССЫПИ И ПЕРСПЕКТИВЫ АЛМАЗОНОСНОСТИ
НАКЫНСКОГО ПОЛЯ (ЯКУТИЯ)**

Наиболее полную информацию для корректного ведения геолого-поисковых работ даёт взаимосвязанное изучение кимберлитов и перекрывающих терригенных отложений, и, прежде всего, детальное и всестороннее изучение самых верхних горизонтов кимберлитовых тел, которые вступают в непосредственный контакт с перекрывающими породами – коры выветривания кимберлитов. Поэтому коры выветривания кимберлитов всегда привлекали повышенное внимание геологов и учёных.

Коры выветривания мощностью 1,2–12,3 м детально изучены нами в плане и разрезе на двух трубках Накынского поля: трубке Ботуобинская (17 скважин, 3 расчистки) и трубке Майская (7 скважин). В целом морфогенетический тип коры выветривания кимберлитов этих трубок можно считать «линейно-площадным (смешанным)» или, что точнее (по Н.Н. Зинчуку) «локальным линейно-площадным». Кора выветривания: остаточная (первичная, автохтонная) кора разложения + кора выщелачивания + наложенно-инфильтрационная кора; с прямой и/или обратной вертикальной зональностью; открытая; полного профиля (вероятно); хлорит – монтмориллонит - охристо-каолининовая; частично размытая (почти сохранившаяся); погребённая. Исходная кора выветривания кимберлитов характеризовалась (до частичного размыва перед перекрытием осадками) полным профилем с развитием всех 4-х выделяемых геохимических зон коры выветривания. Коры выветривания трёх разных структурно-генетических типов кимберлитовых пород (туффизитов, лав и эруптивных брекчий) принципиально различаются и по строению,

и по составу. Наиболее мощная и закономерна построенная кора выветривания туффизитов разделяется по разрезу на 3 зоны: жёлтую землю, синюю землю и зону выщелачивания и смятия. Кимберлитовые породы коры выветривания трубок обладают экстремальными геохимическими и минералогическими характеристиками, в том числе своеобразными поверхностями минералов-спутников алмаза (МСА), прежде всего пироба (дислокационный и кубоидный тип растворения) и хромшпинелида. В породах коры выветривания этих трубок суммарное содержание глубинных минералов в 4–10 раз выше, чем в слабыветрелых породах.

Масштабы развития эрозионно-карстовых и переотложенных континентальных россыпей Накынского поля, характер структур и текстур осадочных пород россыпей вблизи трубок, а также типы поверхности МСА указывают на то, что россыпи формировались не за счёт размыва коры выветривания кимберлитов, а кора выветривания образовывалась по слабо выветрелому обломочному материалу кимберлитов, снесённому денудацией в значительном объёме и захороненному в эрозионно-карстовых депрессиях.

В Накынском кимберлитовом поле в направлении юго-запад – северо-восток (от дайки Озёрная к трубкам: Майская – Ботубинская – Нюрбинская) не только закономерно усиливается степень воздействия железо-титанистого мантийного метасоматоза на состав мантийных пород, но и закономерно увеличивается размер и площадь тел, уменьшается коэффициент удлинения тел, а значит – уменьшается и степень эрозионного среза кимберлитовых тел на предъюрской палеоповерхности. Учитывая эти обстоятельства, а также находки в россыпи Нюрбинская типичного кимберлитового пикроильменита, зелёного граната, железистого оливина и высокотитанистого оранжевого пироба (не встреченных в кимберлитах трубки Нюрбинская) можно предположить, что возможные новые, пока не открытые трубки, расположенные на северо-восточном продолжении Накынского поля, могут характеризоваться меньшей степенью эрозионного среза, большими размерами и большей степенью воздействия астеносферного интрузива на мантийный субстрат – вплоть до появления в кимберлитах пикроильменита мегакристовой ассоциации.

**Серокуров Ю.Н. (ООО «Институт дистанционного прогноза руд»)
ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОГНОЗЕ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

В последние десятилетия остро стоит вопрос о снижении эффективности алмазопроисковых работ. Для объяснения этой ситуации кроме объективных причин (экранирующие покровы, смещённые ореолы минералов-спутников, немагнитные кимберлиты) стали всё чаще рассматриваться неоднозначные представления о процессах кимберлитового и алмазообразования, формах миграции и эволюции этих пород в земной коре. Следствием нерешённости этих вопросов является отсутствие обоснования границ таксонов кимберлитового магматизма, что осложняет формирование их прогнозно-поисковых моделей на основе традиционных геолого-геофизических данных.

Очевиден кризис и в вопросах структурного контроля кимберлитового магматизма. Непрекращаем лишь факт его приуроченности к древним платформам, но в их пределах кимберлиты обнаружены в блоках с отличной историей развития. Возникли предположения о возможной наложенности кимберлитового магматизма на эти структуры, так как ему комфортно было развиваться в их пределах.

Много вопросов и к многочисленным утверждениям о контроле кимберлитового магматизма глубинными разломами разного масштаба, структурами типа грабенов, авлакогенов и

другими формами в рельефе фундамента и платформенном чехле. Искусственным выглядит утверждение о разделении этих структур на рудоконтролирующие и рудовмещающие, особенно в свете того, что содержат алмазы не более 5% известных кимберлитовых тел. Слабая выраженность и безамплитудность глубинных разломов на большинстве алмазоносных площадей спровоцировала появление в литературе термина «скрытый» разлом (или зона), которыми на картах соединяют уже открытые кимберлитовые районы.

Отсутствие чётко сформулированных понятий таксономического деления кимберлитового магматизма ведёт к появлению огромного количества критериев прогноза, а затем к ненадёжным прогнозным построениям или их отсутствию, заменяемому словесными характеристиками о большей или меньшей перспективности той или иной территории.

Достигать повышения эффективности поисковых работ в алмазной геологии надо путём разработки качественно новых критериев. Часть информации содержится в материалах дистанционных съёмок планеты, которые фиксируют конечный результат совокупности геологических процессов становления и преобразования земной коры к настоящему времени. Уникальность материала в возможности изучать их для любого участка планеты и выявлять глубинные факторы структурного контроля искомым рудным таксоном на ранних стадиях работ, оценивать иерархическую соподчинённость этих структурных элементов, формировать из совокупности благоприятных факторов прогнозные модели, с помощью которых последовательно локализовать перспективные участки на базе материалов всё повышающейся детальности.

К настоящему времени проведена прогнозная оценка ряда крупных регионов мира и эффективность технологии доказана тем, что в пределах этих регионов от 80 до 95% известных тел кимберлитов оказались в контурах перспективных аномалий, которые выделены только по дистанционным материалам

На ряде площадей (Зимнебережная, Куусамо-Костомукшская, Далдыно-Алакитская, Среднемархинская, Лесная Гвинея, Саурино-Лукапа, Ритфонтейн, Лесото, Ботсвана) проведены работы с использованием материалов среднего и высокого разрешения, позволившие оценить их остаточные перспективы. В Анголе работы способствовали открытию под покровом отложений неогена в десятки метров крупнейшей в мире кимберлитовой трубки Луаше. Для ещё одной группы площадей установлено, что их перспективы исчерпаны, что и подтвердили прошедшие годы.

**Скопенко Н.Ф., Красоткин С.И. (ЗАО КЦ «РОСГЕОФИЗИКА»),
Галкин А.С., Ширококов В.Н. (ПАО «Севералмаз»),
Кривицкий В.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙТРОННОЙ СЪЕМКИ НА ЭТАЛОННЫХ ТРУБКАХ
ЗИМНЕБЕРЕЖНОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА**

Как показала практика работ в Архангельской алмазоносной провинции (ААП), магнитные характеристики являются далеко не единственным критерием наличия кимберлитового тела. Более того, известны высокопродуктивные трубки, которые достаточно слабо выявляются по данному критерию.

Таким образом, можно констатировать, что возможности магнитного метода поисков кимберлитовых тел в значительной мере себя исчерпали, т.к. аномалии-«лидеры» в ААП на настоящее время практически все заверены. В этой связи при поисках оставшихся слабомагнитных и немагнитных кимберлитовых тел в ААП необходимо использовать другие прямые и косвенные поисковые признаки.

Одним из таких признаков может являться метод регистрации свободных нейтронов, применяемый в комплексе с геоэлектрoхимическими методами и газовой съёмкой. Основанием по применению данного метода является разрабатываемая в настоящее время концепция о формировании алмазов в глубинном очаге, экранированном плотными перекрывающими породами, где в условиях высоких температур и давления происходят процессы распада вещества по аналогии с ядерным реактором. Это приводит к накоплению энергии, разрыву экрана и выбросу вещества к поверхности, где до настоящего времени вокруг тела кимберлитовой трубки могут наблюдаться следы процессов ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада.

По результатам проведенных опытно-методических работ над перекрытыми трубками Пионерская и Верхнетовская по всем трем методам выделяются пространственно сопряженные друг с другом следующие комплексные аномалии:

- Нейтронной съёмкой над телом трубки фиксируется локальная аномалия нейтронного потока, превышающая фон в среднем на 20–30 импульсов и связанная, в зависимости от размера трубки, с 5–15 рядом расположенными точками. Положительная аномалия нейтронного потока обрамляется характерным кольцевым минимумом поля интенсивностью 15–30 импульсов. При этом в зоне влияния кимберлитовой трубки вне ее площади присутствуют локальные аномальные выбросы нейтронного потока, связанные с одной максимум с двумя рядом расположенными точками.

Результаты нейтронной съёмки по двум широтным профилям каждый длиной 10 км с шагом по профилю 200 м, один из которых прошел через трубку Пионерская, позволяют говорить о том, что аномальные значения нейтронного потока фиксируются только в окрестностях перекрытых трубок взрыва. На остальной части профилей присутствуют только единичные аномальные выбросы нейтронного потока, связанные с 1–2 точками наблюдения.

- Геоэлектрoхимическими методами (ТМГМ) над перекрытыми трубками выделяется комплексная положительная кольцевая аномалия диаметром до 1,5 км и шириной 300–500 м, к минимуму в центральной части которой приурочено тело трубки. Аномалия связана с привносом, в первую очередь, легких и тяжелых редкоземельных элементов (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Y, Gd, Dy, Ho, Yb, Lu), Li-Rb-Be, а также Cu и K. Положение комплексной геоэлектрoхимической аномалии совпадает характерным кольцевым минимумом нейтронного поля.

Механизм образования кольцевой положительной геохимической аномалии можно объяснить тем, что при внедрении кимберлитовой трубки подземные воды, содержащиеся в поровом пространстве вмещающих пород, нагреваются, увеличиваясь в объеме более чем в 3 раза. В результате теплового расширения подземных вод формируется фильтрационный поток, направленный от трубки во все стороны. С ростом температуры увеличивается растворимость солей в воде. В ближней, горячей зоне слабозакрепленные элементы растворяются, раствор фильтруется во внешнюю зону влияния трубки, где, по мере остывания раствора, растворенные вещества выпадают в осадок (Штокаленко М.Б., 2018).

В результате описанных физико-химических процессов непосредственно вокруг трубки формируется зона, обедненная подвижными и слабозакрепленными компонентами, а на расстоянии порядка 500-1000 м – обогащенная зона. Размеры зон выноса и привноса подвижных форм нахождения элементов в несколько раз превышают размеры самой трубки, что позволяет эффективно использовать аномалии геоэлектрoхимической съёмки в качестве поискового признака.

- Распределение сорбированных газов позволяет выделить над телом трубки комплексную положительную кольцевую аномалию, с нашей точки зрения, маркирующую ее жерловую часть. Диаметр комплексной газовой аномалии достигает 800 м при ширине от 150 до 300 м.

Аномалия связана с привносом водорода (H_2) и выносом двуокиси углерода (CO_2). Аномальные значения метана (CH_4) присутствуют во внешней зоне влияния трубки за площадью этой аномалии. При этом к центральной части аномалии, предположительно маркирующей жерловую часть кимберлитовой трубки, приурочена интенсивная аномалия нейтронного потока.

Результаты применения нейтронной съемки в комплексе с геоэлектрохимическими методами (ТМГМ) и оценкой распределения сорбированных газов позволяют рекомендовать апробированный комплекс методов для оценки перспективности достаточно больших по площади участков ранга кустов кимберлитовых трубок и их фрагментов при поиске слабромагнитных трубок взрыва в ААП.

Стегницкий Ю.Б. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
ВЕЩЕСТВЕННО-ИНДИКАЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ АЛМАЗОНОСНОСТИ
КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК СЕВЕРО-ВОСТОКА АНГОЛЫ

Объектами исследований являлись кимберлитовые тела наиболее изученного алмазоносного района Лунда на Северо-Востоке Анголы, где в настоящее время сосредоточены все известные промышленно-алмазоносные кимберлиты.

Кимберлитовый магматизм на территории Анголы связан с тремя эпохами тектономагматической активизации, из которых две установлены достоверно: триасовая и раннемеловая. При этом основной алмазопродуктивной эпохой является только раннемеловая. Проведённые исследования показали, что изотопные датировки для ряда кимберлитов района Лунда имеют достаточно широкий возрастной диапазон от 145 до 112 млн. лет (исследования проводились на SHRIMP-II в Центре Изотопных Исследований ФГБУ «ВСЕГЕИ»). Это может свидетельствовать о полистадийности внедрения кимберлитовых тел в пределах даже одного алмазоносного района во время позднемеловой эпохи тектоно-магматической активизации. Проанализированные кимберлитовые трубки объективно различаются по возрасту, при этом промышленно алмазоносные кимберлиты приурочены к возрастному интервалу от 118 до 138 млн. лет.

Важным индикационным признаком алмазоносности кимберлитовых пород являются индикаторные минералы кимберлитов (ИМК), некоторые из которых являются вкрапленниками, а другие ксенокристаллами и содержатся во всех типах алмазосодержащих пород. ИМК, которые кристаллизовались из кимберлитовой магмы, свидетельствуют о том, насколько хорошо сохранились алмазы в данном кимберлите во время их становления на поверхности.

Из разнофациальных кимберлитовых пород с разной алмазоносностью выполнен отбор представительного количества монофракций ИМК. Микронзондовые исследования проводились в ЦАЛ НИГП АК «АЛРОСА». В анализе, обработке и интерпретации результатов использовано более шести тысяч микронзондовых определений пиропов. В результате разработаны критерии оценки потенциальной алмазоносности по составам ИМК, а, также, расчетных физико-химических параметров (Р, Т). В интерпретации использовались данные по разрабатываемым кимберлитовым трубкам в поле Катока. Такие кимберлиты были разделены по установленной путем обогащения алмазоносности на следующие группы: ураганноалмазоносные – >3 кар./т; высокоалмазоносные – $3-1$ кар./т; среднеалмазоносные – $1-0,25$ кар./т; низко-, убогоалмазоносные – $<0,25$ кар./т и неалмазоносные. Критерии выделялись на основе сравнения и анализа полученных количественных данных об их алмазоносности с выделенными минералогическими и физико-химическими параметрами. Выделенные вещественно-индикационные критерии потенциальной алмазоносности кимберлитовых тел сводятся к следующему:

1. Количество пиропов алмазной ассоциации по Н.В. Соболеву (АА): не-, убого-, низкоалмазоносных – 0–0,5%, среднеалмазоносных – 0,5–1%, высокоалмазоносных – 1–7%, ураганноалмазоносных – >7%.

2. Содержание пиропов, равновесных с алмазами в температурном интервале от 900°C до 1100°C: не-, убого-, низкоалмазоносных – 0–5%, среднеалмазоносных – 5–10%, высокоалмазоносных – 10–20%, ураганноалмазоносных – >20%.

3. Количество пиропов группы G10: не-, убого-, низкоалмазоносных – 0–7%, среднеалмазоносных – 7–10%, высокоалмазоносных – 10–13%, ураганноалмазоносных – >13%.

4. Количество пиропов, равновесных с алмазами без учета ограничения температурного режима: не-, убого-, низкоалмазоносных – 0–10%, среднеалмазоносных – 10–15%, высокоалмазоносных – 15–20%, ураганноалмазоносных – >20%.

5. Больше 50% пиропов в выборке ультраосновного парагенезиса имеют значения 0,4% весовых содержаний для MnO и 20% – для MgO.

Тарских О.В., Зайцевский Ф.К. Забелин А.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
ВЫДЕЛЕНИЕ «ФОНОВОЙ» ГРУППЫ ГРАНАТОВ В КИМБЕРЛИТАХ И ОРЕОЛАХ
ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ
КОМПОНЕНТОВ И НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА

Поисковые работы на территории Якутской алмазоносной провинции ведутся уже более полувека. Основным методом поисков остаётся шлихоминералогический. Химический состав кимберлитовых минералов имеет четко выраженную специфику и может быть использован в качестве прогнозно-поискового признака. Наиболее изученным минералом-спутником алмаза является гранат. Многочисленными исследованиями установлено (Соболев Н.В, 1974, Гаранин и др, 1991, Доусон, 1983 и др.), что между выборками гранатов из кимберлитов тел, зачастую расположенных на большом расстоянии друг от друга, присутствуют черты сходства. Так, практически во всех кимберлитовых телах и в многочисленных разновозрастных осадочных коллекторах присутствуют или преобладают гранаты «лерцолитового парагенезиса» (Соболев, 1974) или «хромовые пиропы» (Доусон, 1983), что существенно затрудняет идентификацию ореолов рассеяния минералов-спутников алмаза. В связи с этим возникла необходимость выделения «фона» и «аномалий» в выборках гранатов из кимберлитов и ореолов.

Исходные данные – более 26000 микрорентгеноспектральных анализов химического состава гранатов на 9 элементов из 111 кимберлитовых тел. К массиву был применен метод главных компонент: после получения компонент, были выбраны наиболее значимые и было проведено обратное преобразование. Для каждого анализа рассчитано расстояние от исходного до полученного в результате преобразования анализа. Затем выявлено максимально часто встречающееся расстояние, выделены анализы наиболее близкие к фону и сформирована гипотетическая «фоновая» выборка, состоящая из 380 анализов.

Для работы с большими массивами данных применяется Data Mining, одним из видов которого является метод Random Forest. Метод применяется для задач классификации, регрессии и кластеризации. Метод позволяет сравнивать выборки и выполняет статистический прогноз: в нашем случае позволяет оценить степень сходства проверяемой выборки и эталонной модели-«дерева».

Алгоритмом построения дерева выбирается случайным образом из k переменных (не менее $1/3$ всей выборки). Из отобранных переменных выбирается та, которая дает наилучшее деление ветви дерева на две и этот процесс повторяется заданное количество раз. По умолчанию

строятся 500 деревьев, фактором может быть любой набор столбцов (фактор и переменные не пересекаются). Под наилучшим делением понимается минимум ошибки RSS (сумма квадратов ошибок прогноза). Большое число «деревьев» позволяет минимизировать ошибку прогноза. Алгоритм реализован в программе SelectStat, разработанной в среде RStudio.

В качестве эталона была выбрана исходная выборка, из которой были исключены анализы из «фоновой», установлено количество деревьев равное 1500. По результатам анализа методом Random Forest составы гранатов, аналогичные «фоновой» выборке были установлены в выборках из 63 кимберлитовых тел.

Таким образом, при дальнейших исследованиях будет возможно определение и исключение «фоновой» группы, что в последствии позволит более точно выявлять черты различия между выборками гранатов из ореолов и близрасположенных кимберлитовых тел.

Толстов А.В., Проценко Е.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
ПОДГОТОВКА ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПОИСКОВ НОВЫХ АЛМАЗОНОСНЫХ
РАЙОНОВ В ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Стандартная (стадийная) технология поисков на алмазы, позволившая выявить все значимые месторождения, становится неэффективной за «закрытых» районах. Последними в Западной Якутии выявлены погребенные кимберлитовые поля – Накынское (1994 г) и Сюльдюкарское (2015 г), включающие коренные алмазные месторождения.

Накынское кимберлитовое поле (НКП) открыто в 1994 году при проведении региональных прогнозно-ревизионных работ с помощью проходки поисково-картировочных скважин по профилям через 50–10 км и расстоянием между выработками 2–4 км. До выявления первой трубки здесь проводились детальные и мелкомасштабные ревизионно-поисковые работы, однако кимберлиты НКП слабоинформативны и ореолы минералов-индикаторов кимберлита (ИМК) при этой сети поисковых скважин могли быть не выявлены или пропущены, а магнитной съемкой кимберлитовые тела НКП не фиксируются.

Сюльдюкарское кимберлитовое поле (СКП) представлено единственной трубкой, открытой в 2015 г. при заверке магнитной аномалии Т-54 на глубине 30–37 м. Она отнесена к мелким месторождениям, границы поля определены предварительно. При опосредованном опосредовании территории первичный ореол ИМК от кимберлитов не установлен, единичные зерна ИМК выявлены в отдельных скважинах. Широкое развитие пород трапповой формации на большей части СКП снижает эффективность магнитометрии и других геофизических методов.

В закрытых районах Якутии известно более десятка перспективных площадей (Бахчинская, Улахан-Еленгская, Курунг-Юряхская) и алмазоносных районов (Ыгыаттинский и Среднемархинский), в пределах которых прогнозируются погребенные кимберлитовые поля, но вероятность их выявления невысока, поскольку эталонные примеры неизвестны. Таким образом, традиционные поисковые методы в Западной Якутии малоэффективны, в то же время определенный интерес представляют собой фланги Мирнинского и Алакит-Мархинского кимберлитовых полей, где сегодня продолжаются поиски.

Поскольку большинство погребенных кимберлитовых полей (Сюльдюкарское, Хомпу-Майское, Барылайское) обнаружены при заверке геофизических аномалий, а Накынское – при региональных работах, следует акцентировать поисковые работы на дистанционные, в том числе геофизические, методы с заверкой аномальных объектов, ранжировав по минералогическим признакам и структурно-магматическим критериям по очередности опосредованного опосредования площади (участки), соответствующие алмазоносному району, кимберлитовому полю или кусту тел, с

учетом других прогнозно-поисковых предпосылок и особенностей геологического строения. Предлагается актуализировать технологию ГРП, оставив плотность сети горных выработок на стадии общих поисков 1-2х1 км со значительным сокращением объемов площадного бурения при проведении детальных поисковых работ. При этом при выходе на новые территории получается следующая последовательность ГРП:

1 этап – геолого-геофизическая подготовка с выделением прогнозных районов;

2 этап – локализация перспективных площадей ранга «кимберлитовое поле»;

3 этап – выделение, разбраковка и заверка перспективных геологических участков (ПГУ) и геофизических аномалий – обнаружение кимберлитовых тел и месторождений.

По этой методике рекомендуется вовлечь в опоскование перспективные на выявление алмазоносных кимберлитовых полей территории Сибирской платформы, обрамляющие Патомско-Вилуйский авлакоген: фланги Вилуйско-Мархинской зоны, в пределах которых выделены площади – Юлегирская и Верхнемурбайская, а также Чаро-Синскую минерагеническую зону, контролирующую новые прогнозируемые кимберлитовые поля.

Торбунова Е.А., Посухова Т.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
МИНЕРАЛЫ-СПУТНИКИ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК И
СОПУТСТВУЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО БЕЛОМОРЬЯ

Архангельская алмазоносная провинция занимает большую часть Архангельской области близ Белого моря, она представляет собой проявление щелочно-ультраосновного и щелочно-основного магматизма. На территории находятся тела кимберлитов и мелилититов, в обоих типах были обнаружены трубки с промышленной алмазоносностью. Также в аллювии и во вторичных коллекторах были обнаружены алмазы и минералы-спутники.

На территории Зимнебережного алмазоносного района изучались промышленно-алмазоносные трубки в Золотицком поле (трубки месторождения им. М.В. Ломоносова) и Верхотинском поле (трубка им. В. Гриба). Трубки и силлы кимберлитов, оливиновых мелилититов и базальтов других полей слабоалмазоносны и неалмазоносны.

Среди кимберлитов выделены объекты магнезиально-глиноземистой и железо-титановой кимберлитовой серии. К первым относятся кимберлиты Золотицкой, Чидвинской групп, мелилититы Верхотинской групп и др. Ко вторым – кимберлиты Кепинской группы, трубка им. В. Гриба. Основное отличие кимберлитов двух магматических серий – присутствие пикроильменита в кимберлитах железо-титановой серии и отсутствие его в кимберлитах магнезиально-глиноземистой серии. В трубке им. В. Гриба пикроильменит находится в ассоциации с пиропом и преобладает над другими минералами-спутниками, в других же объектах железо-титановой серии он не преобладает. В кимберлитах магнезиально-глиноземистой серии главным минералом-спутником считается хромшпинелид с повышенным содержанием железа и титана, он ассоциируется с пиропом и хромдиопсидом. Объекты обеих серий различаются по соотношению минералов-спутников глубинного и гипабиссального этапов образования.

В рамках данной работы проведено сравнение изученных индикаторных минералов из коренных объектов (трубка им. В. Гриба и трубка Архангельская) с результатами исследования этих минералов из поискового участка, в котором минералы-спутники алмаза изучались в рамках работы «Типоморфизм минералов-спутников алмаза Товского участка Архангельской алмазоносной провинции».

При исследовании применялись: визуально-оптический метод (разделение зерен по размеру, по цвету, по форме, по сохранности, по характеру поверхности, по внутреннему строению

в соответствии с классификацией), растровая электронная микроскопия и электронно-зондовый микроанализ. Было изучено более 3000 зерен минералов-спутников алмаза из трубки Архангельская и трубки им. В. Гриба; сделано 192 растровых электронных микрофотографии поверхности зерен; сделано и рассчитано 122 полных электронно-зондовых анализа минералов-спутников алмаза.

Наличие различных парагенетических ассоциаций в кимберлитах позволяет сделать вывод о наличии неоднородностей мантийного субстрата в пределах Архангельской алмазоносной провинции.

Статистическая обработка полученных результатов показала, что изученные коренные объекты различаются по содержанию типоморфных признаков минералов-спутников алмаза. Выявлены различия содержаний минералов из разных парагенезисов, что можно использовать для прогноза наличия нового коренного первоисточника минералов-спутников алмаза.

**Трусов А.А., Бабаянц П.С., Калмыков Б.А. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика»)
ВОЗМОЖНОСТИ АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МПП ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ
СЛАБОПРОЯВЛЕННЫХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ В
АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

Основным методом поисков кимберлитов на ранних стадиях поисковых работ традиционно является аэромагниторазведка. С ее помощью были открыты наиболее контрастные по петрофизическим параметрам кимберлитовые тела, что послужило толчком для постановки широкомасштабных поисковых работ на различных территориях, которые привели к открытию значительного количества кимберлитовых тел.

Однако по мере развития поисковых работ банк контрастных магнитных аномалий истощается, поисковые работы смещаются в районы сложного геологического строения, что приводит к снижению эффективности поисков с применением аэромагниторазведки. Одновременно выясняется, что среди кимберлитовых тел существенное количество составляют слабомагнитные и немагнитные кимберлиты с пониженным содержанием первичных и вторичных ферромагнитных минералов. Данные тела отражаются малоамплитудными магнитными аномалиями, контрастность которых ослабляется влиянием отрицательной остаточной намагниченности, присутствием ксенолитов вмещающих пород и кратерных образований.

Установлено, что большинство богатых коренных алмазных месторождений связаны со слабомагнитными телами, поэтому выявление данных слабоконтрастных магнитных аномалий является важной задачей.

В пределах Архангельской алмазоносной провинции в результате проведения многолетних алмазопоисковых работ банк выраженных аномалий «трубчатого типа» к настоящему времени практически исчерпан, в то время как резерв незаверенных или недозаверенных малоамплитудных аномалий еще велик. Для их разбраковки по степени перспективности необходима постановка аэроэлектроразведочных работ с применением аппаратуры, позволяющей сгладить влияние обводненных отложений перекрывающего комплекса, и на фоне относительно низкоомных образований кимберлитовмещающего комплекса выделить аномалии от кимберлитовых тел. Известно, что кимберлиты в благоприятных условиях отражаются аномалиями повышенной электропроводности, сопровождающимися аномалиями вызванной поляризации.

Первый опыт использования аэроэлектроразведки МПП для поисков кимберлитовых тел в пределах Верхотинского кимберлитового поля не дал положительных результатов: трубки Волчьи, Верхотина, Майская и Осетинская не нашли отражения в материалах съемок. Мы

склонны связывать это с недостаточными мощностью излучателя и чувствительностью аппаратуры. В то же время результаты физико-математического моделирования свидетельствуют о принципиальной возможности эффективного использования аэроэлектроразведки МПП для заверки и разбраковки малоамплитудных магнитных аномалий и выявления новых перспективных объектов.

Предлагается использование аэроэлектроразведки МПП с самой современной аппаратурой, параметры которой позволят в благоприятных условиях выявить сигнал от кимберлитового тела в ландшафтно-геологических условиях Архангельского района. Об этом свидетельствуют геофизические модели, построенные для геологической ситуации, типичной для локализации кимберлитовых тел района с учетом типовых петрофизических характеристик разреза.

Применение подобной аппаратуры и соответствующих технологий обработки полученных материалов, возможно, будет решающим шагом в повышении эффективности алмазопроисковых работ в Архангельской алмазонасной провинции.

Хачатрян Г.К., Колесникова Т.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ОЛИВИНА И ХРОМДИОПСИДА С ПОМОЩЬЮ
ИК-ФУРЬЕ МИКРОСКОПА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ
ШЛИХО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗА

В основе шлихо минералогического метода поисков алмазных месторождений лежит типоморфизм алмаза и его минералов-спутников: гранатов, ильменита, хромшпинелидов, клинопироксенов, оливинов и других. Нередко содержание этих минералов в шлиховых пробах крайне низкое, а сами они имеют нетипичную окраску и очень малые размеры, что затрудняет их идентификацию. Выявление индикаторных минералов кимберлитов (ИМК), как правило, базируется на типохимизме минералов алмазной ассоциации. В связи с этим необходима не только качественная диагностика минералов, но и достаточно трудоемкое количественное определение их химического состава. Однако даже данные химического анализа не всегда позволяют отличить ИМК от соответствующих минералов других ультрабазитов и базитов.

С учетом всех этих проблем рационально использовать экспрессный метод исследования мелких зерен минералов с применением ИК-Фурье микроскопа. Данный метод за «считанные минуты» позволяет идентифицировать минералы и оценивать особенности их химического состава без разрушения анализируемых зерен.

Ранее нами было показано, что среди гранатов шлиховых проб могут быть диагностированы хромистые пиропы. Целью настоящей работы было расширение спектра минералов-спутников алмаза, которые могут быть детально проанализированы с помощью ИК-Фурье микроскопа. При этом в качестве главных объектов настоящего исследования выбраны оливин и хромдиопсид.

Спектры зерен оливинов и клинопироксенов регистрировались на приборе марки Nicolet 380 с микроскопом Centaurus компании THERMO Scientific в диапазоне 650–4000 см⁻¹.

Оливин – один из главных породообразующих минералов кимберлитов, который используется при шлихо-минералогических поисках алмазных месторождений совместно с другими минералами-спутниками алмаза. В кимберлитах наиболее распространены оливины форстеритового состава. Их типоморфными характеристиками являются спектральные линии в области 2015–2030 см⁻¹, отражающие магнезиальность оливина, а также в области 3500–3700 см⁻¹, обусловленные составом и концентрацией гидроксильных групп, входящих в структуру оливина или его фазовых примесей.

Среди клинопироксенов кимберлитов преобладают кальций-магниевого. Хромдиопсид, обладающий яркой изумрудно-зеленой окраской, является важным поисковым минералом кимберлитов. Типоморфными свойствами диопсида служат волновые числа двух спектральных линий в областях $1000\text{--}1060\text{ см}^{-1}$ и $1500\text{--}1600\text{ см}^{-1}$, причем хромдиопсид из кимберлитов характеризуется относительно повышенными значениями этих параметров: > 1040 и $> 1540\text{ см}^{-1}$ соответственно.

Таким образом, типоморфные свойства оливина и хромдиопсида из кимберлитов, установленные с применением ИК-Фурье микроскопа, могут быть непосредственно использованы при шлихо-минералогических поисках месторождений алмаза.

Разработанная методика способствует повышению эффективности шлихо-минералогических поисков месторождений алмаза. Это достигается за счет более надежной инструментальной идентификации ИМК и быстрого получения количественной информации об их типоморфных свойствах. Данная методика может быть использована для суждения о типе источников содержащихся в шлиховых пробах минералов (кимберлитовый или иной). При этом предоставляется возможность отобрать зерна предполагаемых минералов-спутников алмаза для дальнейшего более детального анализа на микрозонде.

**Хороших М.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)),
Константинов К.М. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), ФГБУ ИЗК СО РАН),
Ибрагимов Ш.З. (ФГБУ ИГНТ КФУ)
МИНЕРАЛЫ-НОСИТЕЛИ НАМАГНИЧЕННОСТИ КИМБЕРЛИТОВ,
БАЗИТОВ И ТЕРРИГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

Магнетизм горных пород, в основном, обусловлен содержанием в них ферримагнитных минералов. Поэтому огромное значение в решении задач поисков месторождений алмазов (установления природы магнитных аномалий, палеомагнитное датирование немых геологических процессов, петромагнитное картирование, определения размеров эпигенетических изменений пород карбонатного цоколя и условий формирования магматитов, сохранности алмазов, уровень эрозионного среза, паспортизации ореолов МИК и др.) играют магнито-минералогические методы, в основе которых лежат исследования анизотропии магнитной восприимчивости, коэрцитивных спектров, гистерезисных параметров, компонентного химического состава по точкам Кюри и пр. Нами проведены магнито-минералогические анализы кимберлитов из более чем 20 тел (Айхал, Ботуобинская, Великан, Дальняя, Деймос, Долгожданная, Зарница, Заполярная, Им. XXIII Съезда КПСС, Интернациональная, Комсомольская, Комсомольская-Магнитная, Краснопресненская, Ленинградская, Мир, Новинка, Нюрбинская, Обнаженная, Поисковая, Прогнозная, Русловая, Спутник, Сытыканская, Удачная-Восточная, Удачная-Западная, Юбилейная), разновозрастным базитам (Оленекское и Уджинское поднятия, Вилуйско-Мархинская и Молодо-Попигайская зоны разломов, восточный борт Тунгусской синеклиды), а так же по вмещающим и перекрывающим их терригенно-осадочным образованиям Якутской алмазоносной провинции.

Магнитные свойства осадочных пород определяются акцессорными ферримагнитными минералами железа: окислами (магнетит, маггемит, гематит) и сульфидами (пирит, пирротин). В осадочные породы магнетит поступает из области сноса в виде обломочного материала (аллотигенный магнетит), так и образуется в месте осадконакопления из соединений железа химическим или биогенным способами (аутигенный магнетит). В условиях гипергенеза, при

транспортировке, магнетит окисляется по схеме магнетит – маггемит–гематит, что находит отражение в его магнитных свойствах. Для эпигенетически стерильных осадков характерен «осадочный» тип анизотропии, определяющий направление сноса материала. «Хаотичный» тип свидетельствует о наличии повышенного давления или температуры.

Состав титаномагнетитов в долеритах зависит от множества факторов, но главными являются: первичный состав магматического расплава (содержание железа и титана); мощность тела, что определяет его температурный режим внутри. Титаномагнетиты характеризуются значениями намагниченности насыщения J_{rs} от 0,1 до 0,5 мАм²/кг. Базиты (долериты, базальты) среднего палеозоя, в отличие от базитов пермо-триаса, чаще всего относятся к гемо-ильменитовой серии. С увеличением возраста базитов, наблюдается увеличение TiO_2 от 1 до 5%. Базиты среднего палеозоя в большей степени подвержены низкотемпературному окислению, что отрицательно сказывается на сохранении палеомагнитных векторов синхронных становлению тел.

Основные ферромагнитные минералы кимберлитов представлены магнетитами, пикроильменитами и хромшпинелидами, реже пирротинами. У 95% кимберлитов (после снятия парамагнитной составляющей) установлена псевдооднодоменная структура ферромагнитных зерен. Диапазон изменения значений коэрцитивных параметров кимберлитов достаточно широк. Благодаря чему кимберлиты отличаются достаточно стабильной магнитной памятью векторов ЕОН. Тип анизотропии кимберлитовых трубок меняется снизу вверх: даечный (гипабиссальная фация), хаотичный (диатремовая фация), осадочный (кратерная фация), что может служить качественной мерой их эрозионного среза.

Черешинский А.В. (ФГБОУ ВО «ВГУ»)
МИНЕРАЛЫ-ИНДИКАТОРЫ КИМБЕРЛИТОВ ИЗ АПТСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ
ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Аптский промежуточный коллектор в пределах Воронежской антеклизы (ВА) довольно хорошо опробован. Это объясняется доступностью отложений этого возраста и широким распространением в них терригенных грубозернистых пород.

Мелкие алмазы из аптских отложений выделены из пяти разрезов, расположенных на северо-восточном склоне ВА: Волчинская россыпь (320 знаков), Карьер Андреевка (42 знака), Кудияровка (1 зерно), Лев Толстой (7 знаков), Захаровка (1 знак). В большинстве разрезов алмазы не сопровождаются высокобарическими минералами, и довольно сильно различаются между собой. В местонахождениях Кудияровка и Лев Толстой вместе с алмазами выделены хромшпинелиды, в количестве от 4 до 14 знаков на пробу.

Южнее этих разрезов (на юге Липецкой области) выделено 4 местонахождения, содержащие хромшпинелиды. В трех разрезах количество хромшпинелидов достигает 4 тысяч знаков на пробу объемом 0,02 м³, что является рекордом для ВА. Для изученных зерен характерны широкие вариации химического состава (проанализировано 160 зерен). На генетической диаграмме Н.В. Соболева для хромшпинелидов наблюдается двойной – перидотитовый и пикритовый тренд (кимберлитовый), 11 знаков попадают в область алмазной ассоциации.

Хромшпинелиды представлены плоскогранными октаэдрами, реже встречаются обломки кристаллов и зерна неправильной формы без кристаллографических очертаний. Степень гипергенного растворения выделенных зерен близка, степень окатанности отличается и возрастает по направлению с юга на север. Наименее окатанные зерна встречены в континентальных отложениях (на юге рассматриваемой территории), хромшпинелиды, отобранные из прибрежно-морских образований (северо-запад района), более окатанные.

Помимо хромшпинелидов в данных разрезах обнаружен флогопит в количестве от 1 до 4 знаков на пробу. По своему химическому составу флогопит характеризуется высоким содержанием Al_2O_3 (преобладает истонитовый минал). В одном зерне встречены многочисленные включения зерен хромшпинелида. Флогопит обладает низкой миграционной способностью, поэтому можно предположить, что источник сноса располагался сравнительно недалеко.

В местонахождении Лебяжье, расположенном юго-восточнее вышеописанных разрезов, количество хромшпинелидов достигает 1784 знака на пробу объемом $0,02\text{ м}^3$. Хромшпинелиды характеризуются повышенным содержанием Cr_2O_3 (изучено 115 зерен). Около 32% проанализированных зерен на диаграмме Н.В. Соболева попадают в область алмазной ассоциации. Такое соотношение характерно для высокоалмазоносных кимберлитовых тел. На диаграмме Ч. Фипке в поле включений в алмазах попадает 11 точек. Хромшпинелиды представлены кристаллами октаэдрического облика, характерны искаженные кристаллы. В разрезе выделены хромшпинелиды «мантийного» типа, представленные мироздрическими кристаллами и октаэдрами с винициальными гранями.

Находки минералов-индикаторов кимберлитов (МИК) в континентальных отложениях позволяют довольно точно установить направление сноса, который происходил в апте с юго-востока на северо-запад. Наличие в аптских разрезах хромшпинелидов алмазной ассоциации и мелких кристаллов алмазов указывает на присутствие в пределах Воронежской антеклизы алмазоносных тел, которые располагались юго-восточнее изученной площади.

Таким образом, аптские отложения на северном склоне ВА являются самыми перспективными для изучения. В более молодые коллекторы МИК поступали из аптского, на это указывает меньшее количество МИК в альбских и сеноманских отложениях и их большая степень окатанности.

Шишмарев Р.А. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО))
ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА
ЫГЫАТТИНСКОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА МЕТОДОМ
АУДИОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

На Слюдякарском участке Ыгыаттинского алмазоносного района в 2015 году выявлено первое кимберлитовое тело. Для уточнения прогнозных критериев локализации кимберлитового магматизма на гипсометрических уровнях осадочного чехла и верхней части фундамента нами были выполнены исследования геоэлектрической неоднородности разреза аудиомателлурическими зондированиями (АМТЗ). Для анализа и оценки искажений кривых и выбора интерпретационной модели выполнялось построение пространственно-частотных разрезов нормализованных компонент кажущегося сопротивления и фазы импеданса. Близость компонент ХУ и УХ в высокочастотной области свидетельствует об отсутствии значимых латеральных неоднородностей электропроводности в верхней части исследуемого разреза на Слюдякарском участке. Результаты инверсии данных АМТЗ представлены в виде геоэлектрических разрезов, построенных до отметки -2 км. В данном интервале можно выделить два основных региональных геоэлектрических комплекса, представленных повсеместно в пределах участка работ наиболее контрастно. Верхний, как правило, низкоомный слой (до $250\text{--}300\text{ Ом}\cdot\text{м}$) имеет мощность порядка $350\text{--}400\text{ м}$. Его подошва четко картируется по изооме $1\ 000\text{ Ом}\cdot\text{м}$ в стратиграфическом отношении соответствует подошве отложений метегерской свиты среднего кембрия – ичерской свите нижнего-среднего кембрия. Геоэлектрические особенности верхнего слоя обусловлены многолетнемерзлыми породами. Ниже по разрезу, вплоть до основания

осадочного чехла, распространен второй региональный комплекс мощностью до 1,7 км существенного повышения сопротивлений (как правило, более 1 000 Ом·м), соответствующий образованиям венда – раннего кембрия. Выражен он в различной степени ярко и может быть разбит на четыре-пять чередующихся подслоя повышенных и пониженных сопротивлений.

Слои пониженной электропроводности с сопротивлениями 3 000–4 000 Ом·м соответствуют отложениям чарской свиты нижнего кембрия и интервалу, сложенному породами низов толбачанской свиты, образованиями эльгянской, нелбинской и юрегинской свит нижнего кембрия. Понижение сопротивлений до 2 000–3 000 Ом·м характерно для пород олекминской свиты нижнего кембрия. В основании разреза выделяется интервал пониженных сопротивлений, сложенный образованиями билирской и юряхской свит границы кембрия – венда. Венд представлен отложениями кудулахской, успунской и бюкской свит, отличающихся повышенными значениями сопротивлений. Латеральные контрасты электропроводности наблюдаются в пределах последнего из рассмотренных региональных геоэлектрических комплексов. На его фоне развиты хорошо проводящие зоны, связанные с зонами повышенной трещиноватости, обусловленные дизъюнктивной тектоникой. Зоны разломов трассируются от профиля к профилю в виде проводящих зон различной мощности.

Проведенные работы АМТЗ показали возможность расчленения осадочной толщи и при реализованных методических параметрах позволяют выделить и трассировать дизъюнктивную тектонику, определяющую блочное строение территории. Подтверждена возможность картирования разрывных нарушений в интервале осадочного чехла. Реализация регулярной сети АМТЗ позволила повысить детальность изучения горизонтально-блокового строения осадочного чехла потенциально алмазоносных территорий. Из материалов следует, что метод АМТЗ способствует решению структурно-картировочных задач. Показана возможность выделения и отслеживания проводящих и высокоомных геоэлектрических горизонтов в осадочном чехле, выделение обособленных блоков с различными геоэлектрическими характеристиками данных горизонтов по латерали, трассирования субвертикальных проводящих и высокоомных узколокальных зон, отождествляемых с разрывными нарушениями, контролирующими кимберлитовые тела.

Шумилова Т.Г. (ИГ Коми НЦ УрО РАН) СОВРЕМЕННАЯ ПРОБЛЕМА ДОСТОВЕРНОСТИ НАХОДОК АЛМАЗОВ

В последние годы в литературе появилось множество публикаций, указывающих на открытие новых коренных источников алмазов – вулканогенно-эруптивные алмазы вулкана Толбачик на Камчатке, алмазы офиолитов Китая и Полярного Урала, алмазы флюидизатов Енисейского кряжа, имеющих сомнительную историю открытия, по комплексу минералогических данных имеющих одинаковые типоморфные особенности свойственные типичным синтетическим алмазам технических сортов, синтезированных по НРНТ технологиям. В связи с этим возникает проблема определения достоверных находок и выявления случаев заражения природных объектов синтетическими алмазами.

Установление достоверности находок природных алмазов возможно при соблюдении комплекса следующих предосторожностей:

- исключение наличия комплекса наиболее характерных типоморфных признаков технических алмазов, широко распространенных в использовании и выявление существенных специфических типоморфных признаков алмазов нового объекта;
- наличие детальных сведений о проведенном опробовании и геологической привязки;

- отказ от использования алмазосодержащего инструмента на всех стадиях работ по выявлению алмазоносных объектов – опробование, пробоподготовка, извлечение, подготовка к аналитическим работам. В случае же применения алмазосодержащего инструмента необходим детальный сравнительный анализ алмазов из инструмента и алмазов находки с целью исключения возможности совпадения их типоморфных признаков.

Особые случаи достоверности могут быть связаны с находками алмазов в породе “in situ” на свежих сколах и внутри породы, без признаков возможного механического внедрения.

Принимая во внимание вышеуказанные меры предосторожности, следует также помнить и о различных вариантах возможного заражения природными алмазами, а также синтетическими алмазами, полученными с применением CVD технологий, детонационного синтеза и других менее распространенных методов синтеза алмаза.

Наиболее трудными при установлении фактов заражения могут быть случаи намеренного вброса алмазов с целью привлечения внимания к геологическим объектам, получения финансирования, повышения цитируемости публикаций и т.д. В этом случае алмазы могут быть представлены любыми разновидностями, включая природные кристаллы, и могут быть внедрены на любом этапе – от опробования до аналитических работ, включая все стадии пробоподготовки, а также хранения каменного материала и готовых образцов для исследований.

Признание открытия нового алмазоносного объекта в сомнительных случаях возможно только после воспроизведения находки путем опробования и изучения алмазов с участием независимых профильных специалистов на всех этапах, при условии приоритета открытия за авторами находки, с соблюдением всех мер предосторожности для полного исключения возможности заражения, в том числе путями, описанными выше.

Осознавая стоящую проблему следует помнить, что область исследования и производства алмазов настолько широка, а количество публикаций и патентов с получением широчайшего спектра марок алмазов со специфическими характеристиками настолько велико, что, к сожалению, даже среди алмазников встречается недостаточно полное одновременное понимание существующего многообразия и природных, и техногенных алмазов. Поэтому, сомнительные находки алмазов в нетрадиционных природных объектах, которые не прошли проверки на их достоверность, включая воспроизводимость находок, независимыми экспертами-алмазниками, не должны быть поспешно распиарены, поскольку это влечет за собой последствия необоснованных финансовых затрат на весьма затратные поисковые и геологоразведочные работы.

Исследования выполнены в рамках темы НИР ГР № АААА-А17-117121270036-7.

**Щукина Е.В., Агашев А.М. (ИГМ СО РАН),
Щукин В.С. (ООО «Прозекс Сервис», АО «АГД Даймондс»)
ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ НА
ЮЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

В настоящей работе мы представляем результаты изучения главных и редких элементов 145 пиропов, извлеченных из шлиховых проб, которые были отобраны на южных территориях Архангельской области. Данные по составам пиропов используются для реконструкции состава, строения и метасоматических изменений литосферной мантии данного района и установления возможностей существования на изучаемых территориях новых кимберлитовых тел и оценки степени их алмазоносности. Изучаемая площадь представляет особый интерес в плане разведки алмазов, что обосновано ее приуроченностью к западной части древнего Шенкурского

кратона, обнаружением большого количества минералов спутников алмаза и отсутствием каких-либо магматических объектов на ее территориях.

На основании данных по содержанию CaO , Cr_2O_3 , TiO_2 и REE пиропы представлены следующими группами: 1) 32%, низкохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3=1-3,5$ мас.%), низкотитанистые ($\text{TiO}_2<0,1$ мас.%) пиропы лерцолитового парагенезиса, обедненные LREE и имеющие фракционированный спектр в области HREE ($\text{Yb}_n/\text{Sm}_n=10-121$); 2) 38%, низкохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3=0,6-5,9$ мас.%), низко-среднетитанистые ($\text{TiO}_2=0,01-0,3$ мас.%) пиропы лерцолитового парагенезиса, а также пиропы мегакристной ассоциации ($\text{TiO}_2=0,4-0,6$ мас.%), имеющие плоский спектр в области MREE-HREE ($\text{Yb}_n/\text{Sm}_n<5$); 3) 8%, средне-высокохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3=4,6-9,1$ мас.%) пиропы лерцолитового и гарцбургитового парагенезиса, имеющие «горбатый» спектр распределения РЗЭ с пиком в Sm-Eu-Gd (10–30 хондритовых единиц) и понижающимся спектром от MREE к Ho (4–19 хондритовых единиц) и имеющие почти плоский спектр от Ho к Lu ($\text{Lu}_n/\text{Ho}_n=0,6-1,5$); 4) 22%, высокохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3=6,7-11,2$ мас.%) и низкохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3=1,2-5,2$ мас.%) пиропы лерцолитового и гарцбургитового парагенезиса, имеющие синусоидальный спектр распределения REE.

Интерпретация данных по составам пиропов указывают на существование основных генетических разновидностей пиропов, характерных для кимберлитовых провинций мира, в том числе и для Архангельской алмазоносной провинции: 1) деплетированные пиропы низкой-средней степени частичного плавления, 2) пиропы, образовавшиеся в результате высокотемпературного силикатного метасоматоза, в том числе пиропы мегакристной ассоциации, образовавшиеся из высокотемпературного силикатного расплава, обогащенного TiO_2 и с высоким Zr/Y отношением, 3) пиропы, образовавшиеся при воздействии силикатного расплава, обогащенного LREE, и 4) пиропы, образовавшиеся в результате реакции обогащенного LREE и СНО флюида/расплава с деплетированными перидотитами. Полученные данные свидетельствуют о том, что состав, строение и метасоматические изменения литосферной мантии изучаемого региона соответствуют таковым в алмазоносных кимберлитовых провинций мира. Значительное количество пиропов «алмазной ассоциации» (> 20 %), указывает на потенциальную алмазоносность кимберлитовых объектов, которые могут быть обнаружены на изучаемой территории.

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Ukraitsev V. Yu., Voskresensky I. S. (Lomonosov Moscow State University)
STRUCTURE AND LATE CENOZOIC DEVELOPMENT OF VALLEYS AND GOLD
PLACERS AT THE SEVERNYYE UVALY UPLAND

Alluvial placers are identified in the Vetluga River Basin (Severnnyy Uvaly Upland) by the State Enterprise «Kostromageologiya» field campaigns during the mid-late 1990s. According to S. Voskresensky, Yu. Kazakevich, etc., the formation of modern alluvial placers depends on geomorphological settings of gold-bearing landscapes and requires the reconstruction of main stages in their history. This study aims to establish the impact of river valleys structure and Late Cenozoic development on the formation of gold placers at the Severnnyy Uvaly.

Methods of this study involve drawing up cross-sections for valleys of varying stream orders using ALOS 3D digital elevation model; identifying features in the river valleys structure and the relation between terraces/incisions and gold occurrences; and revealing erosion cycles in the valleys development. We distinguished 5 types of placer. Placers of terraces and «terrasouvals» (with the highest content of gold) are characteristic for valleys with V-shaped cross-sections with several terraces. Most often, the placer confines to the «false» bedrock of the first and second terrace, composed of Pliocene-Early Pleistocene lacustrine-alluvial sediments. Sometimes placer occurs at the true bedrock of the third terrace. Valley and ravine placers, as well as placers of buried incisions, are confined to the bedload of the modern floodplain (or Late Quaternary) alluvium. The former correspond to the larger valleys with a hollow-like structure (sometimes complicated by one terrace), those have inherited the position of relic meltwater channels. They are mainly located in the northern part of the Vokhma River basin, but are likely to appear in other parts of the Severnnyy Uvaly. The latter ones are distributed throughout the territory in valleys of the first to third order streams with a low incision depth and simple V-shaped cross-section. The gold is confined to their bottoms, developed in loose sediments including till. Placers of buried incisions were found in valleys of 1st-4th order with a V-shaped cross-section uncomplicated by terraces in the southern part of the Severnnyy Uvaly. Presence of Pliocene-Early Pleistocene alluvium in relic channels and rare glacial boulders on interfluvies composed of Triassic rocks indicates that a large volume of intermediate collectors was processed allowing fairly rich placers to form. Bar and channel placers are characteristic for the largest rivers, where gold is confined to the Late Pleistocene-Holocene bedload.

We distinguish four incision-infill cycles in the history of the valleys development: Miocene-Early Pleistocene, Early-Middle Pleistocene, Middle Pleistocene, and modern (ongoing), which began in the Late Elsterian time. We drew up a chart illustrating these cycles for the middle reaches of the Vokhma River. It allowed determining the thickness of eroded deposits for each cycle. With the inherited spatial development of valleys at the background, the total thickness of eroded deposits, e.g. in the middle reaches of the Malyy Paryug River, sums up to 145 meters: 70 m for the Miocene-Early Pleistocene, 15 m – for the Early-Middle Pleistocene, 20 m – for the Middle Pleistocene, and 40 m – during the ongoing stage. Since the moderately rich gold contents were identified in the middle reaches of the Malyy Paryug River placers, there is a reason to suppose that the Late Cenozoic history of the valley played an essential role in the formation of gold intermediate reservoirs, fluvial reworking and placer occurrence. Thus, for the Severnnyy Uvaly, the valley structure helps to establish the location and resources of placers, and the history of their development – the volume of reprocessed intermediate collectors and gold content.

Абрамова В.Д. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
АНАЛИЗ МИКРОПРИМЕСЕЙ В СУЛЬФИДАХ МЕТОДОМ
ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМЫ С ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ (ЛА ИСП-МС)
И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой и лазерным пробоотбором на сегодняшний день является одним из самых универсальных методов локального анализа. Он позволяет избежать предварительной пробоподготовки, анализировать до 50 элементов одновременно, при этом на анализ зерна уходит не больше 1–3 минут, хотя последующая обработка результатов требует вдумчивого анализа.

При взаимодействии сфокусированного лазерного излучения с поверхностью образца происходит испарение компонентов пробы. Аэрозоль, сформированный воздействием лазерного излучения, переносится в вход масс-спектрометра потоком гелия особой чистоты, где смешивается с аргоном. При прохождении через горящую плазму, молекулы распадаются на ионы, интенсивность потока которых регистрируется по отношению массы к заряду на детекторе.

При анализе необходимо учитывать строение, плотность и другие физические параметры геологических образцов. Так для работы с силикатными породами разброс допустимых значений энергии 10–20 Дж/см². Сульфиды требуют пониженных энергий 3–7 Дж/см². Энергию импульса лазера и диаметр луча подбирают таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить необходимую чувствительность измерений, а с другой – не допустить полного разрушения образцов за время анализа. Так же нельзя допустить плавления образца в кратере и рост новообразований.

Важным методическим аспектом является подбор изотопов, по которым будет проводиться измерение. Для моноизотопных элементов выбор очевиден, но для других элементов могут быть выбраны и менее распространенные изотопы, что позволит уменьшить или избежать влияния наложений. Возможные интерференции учитываются при расчете, например, таких элементов платиновой группы (ЭПГ) как Ru, Rh и Pd. Главной проблемой являются наложения аргидов цветных металлов. В этом случае дополнительно анализируются образцы со сходной матрицей богатой цветными металлами и заведомым отсутствием ЭПГ. Полученный в результате «ложный» сигнал вычитается из измеренных концентраций Ru, Rh и Pd.

В работе рассматривается использование ЛА ИСП-МС как наиболее совершенного локального метода определения концентраций Au растворенного в сульфидных матрицах. Для характеристики распределения Au может применяться три подхода: мелкие зерна анализируются точечным пучком с диаметром от 10 микрон, зональное распределение можно проследить по лазерному профилю, а картирование позволяет увидеть двумерную картину распределения, как в пределах зерна, так и в окружающей минеральной ассоциации. Характер сигнала и корреляции содержания золота с другими элементами позволяют идентифицировать включения собственных минеральных фаз.

Методические и аналитические работы с галенитом, пиритом, сфалеритом, арсенопиритом, пирротинитом, молибденитом, пентландитом и халькопиритом показывают, что диапазон содержания рассеянных элементов и их взаимные корреляционные связи могут использоваться для идентификации генетического типа минерализации. Закономерные изменения концентраций в сульфидах в пределах временных стадий рудообразующего процесса или в объеме минерализованной зоны могут служить для определения направления проведения поисковых и разведочных работ. На стадии отработки месторождения, определение пропорций собственной минеральной и примесной форм полезного компонента являются необходимыми для определения баланса минерального вещества и совершенствования технологии отработки.

Аверьяков Д.Ю. (ТОО «Казцинк»), Лось В.Л.
ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИЙ
ЗОЛОТА НА ВАСИЛЬКОВСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Оценка пространственной изменчивости оруденения и использование характеристик изменчивости при выборе параметров крайгинга и других методов аппроксимации давно стало стандартной процедурой и используется во всех горно-геологических системах.

В качестве функции, характеризующей степень непрерывности пространственной переменной в геостатистике используется вариограмма, которая интерпретируется как мера сходства и корреляционного расстояния между пространственными событиями. Важнейшим свойством вариограммы можно считать диапазон или зона влияния пробы. Первичным же свойством пространства в геостатистике являются концентрации химических элементов в пробах.

Авторами была предпринята попытка изучить зависимость длины диапазона влияния от концентрации золота. Для этого был выполнен анализ структуры статистического распределения концентраций золота на Васильковском золоторудном месторождении. Было выделено 6 популяций концентраций золота. Произведен анализ характерных вариограмм для каждой из шести популяций. Получено уравнение зависимости размеров зон влияния от концентраций золота по всему Васильковскому месторождению.

Для месторождения был сделан качественный вывод, что чем выше концентрации золота, тем выше изменчивость и тем меньше размер диапазона влияния. Таким образом, для более высоких концентраций золота необходима более плотная сеть наблюдений, а для более низких концентраций - сеть может быть более редкой.

Агибалов О.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
МОРФОСТРУКТУРНЫЕ И СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА
ПРИБРЕЖНЫХ АРКТИЧЕСКИХ РАВНИН ЧУКОТКИ

В пределах прибрежных арктических равнин Чукотки в 70-е гг. прошлого века были разведаны и успешно эксплуатировались уникальные по своим параметрам погребенные россыпи золота. Наиболее значимым объектом является Рывеевская россыпь (Валькарайская прибрежная низменность), из которой шахтным способом было добыто около 250 т металла; суточный съем металла доходил до 200 кг, а годовая добыча – до 17 т (Лаломов, 1978). Содержания золота на участке Прибрежный достигали 850 г/м³ (среднее 81,2 г/м³), при средней мощности пласта 0,7 м. Несмотря на большой объем выполненных ГРР, эксплуатационных и научно-тематических работ, многие вопросы по строению и генезису этих уникальных россыпных объектов остаются дискуссионными.

Можно сказать, что их образование зачастую входит в некоторое «противоречие» с общеизвестными предпосылками формирования россыпей. Так, наиболее благоприятными условиями россыпеобразования считается наличие низкогорного рельефа с умеренными по амплитуде восходящими неотектоническими движениями. Погребенные равнинные аллювиальные россыпи (Тараканов, 1976) Рывеема были сформированы в условиях выровненного рельефа, при слабых неотектонических движениях и нисходящем режиме развития морфоструктур.

Результаты проведения специализированных работ по изучению россыпной золотоносности Северо-Востока СССР (Генкин и др., 1973) показали, что россыпные узлы с масштабной продуктивностью образованы за счет зон с крупными рудопроявлениями, вторыми по значи-

мости являются рудные поля месторождений. В то же время источниками питания уникальных Рывеевских россыпей считаются зоны с убогой коренной золотоносностью в плотике (маломощные линзы и жилы кварца; минерализованные зоны с сульфидами) (Рыжов, 1976). При этом предполагается наличие богатых коренных источников, в непосредственной близости от наиболее продуктивных участков (считается, что в россыпях абразионных террас (бенчей) разнос промышленных концентраций золота не превышает 300–500 м), но они нигде не были установлены. Такое несоответствие между масштабной россыпной золотоносностью и незначительным коренным оруденением заставляет большинство исследователей предполагать наличие не выявленных источников или их эродированность. Так, в пределах Прибрежного участка (Рывеевская россыпь), по результатам изучения распределения крупности золота и изменению его продуктивности в пласте, предполагается наличие 5 участков золотого оруденения в плотике россыпи. В то же время опробование минерализованных пород плотика показало содержания золота 0,1 г/т до глубин в несколько десятков метров.

Все эти факты указывают на своеобразие россыпей прибрежных равнин, которое в свою очередь приводило к различным подходам в объяснении особенностей их генезиса, строения и предлагаемых методов поисков и разведки. Анализ результатов выполненных предшественниками исследований позволил выделить два основных фактора, определяющих, на наш взгляд, образование и локализацию этих объектов: 1) наличие линейных кор выветривания, заложенных по минерализованным зонам тектонических нарушений и 2) приуроченность наиболее обогащенных участков к границам морфоблоков с малоамплитудным и знакопеременным режимом развития (зонам неотектонических уступов), в пределах которых осуществлялась аккумуляция, а затем многократный и длительный переыв золотоносного материала.

1) В ходе ГРП в основании разреза кайнозойских отложений Валькарайской и Чаанайской низменностей установлены площадные и линейные коры выветривания монтмориллонит-каолинитового и гидрослюдисто-каолинитового состава бурого и пестрого оттенков с обломками пород; мощность их варьирует от 5 до 60 м; возраст – поздний мел–эоцен. Линейные коры выветривания развивались по зонам интенсивного рассланцевания и брекчирования пород (разломы Пильхинкууль-Рыпильхинский, Рывеевский, Приморский и др.), отмечается, что ориентировка основного плана гидросети нередко подчинена зонам тектонических нарушений.

Наличие линейных ЗКВ в зоне действия флювиальных и прибрежно-морских процессов, по общепринятому мнению, является положительным фактором для формирования крупнообъемных россыпей как за счет более полного высвобождения золота из обломочного материала, так и за счет большого объема перемываемых пород, обладающих невысокой денудационной устойчивостью. В экспонированной, прибортовой части равнин условия сохранности кор выветривания были неблагоприятными и, весьма вероятно, размывтый золотоносный материал кор выветривания выносился в предуступную часть и перемывался как палеоводотоками, так и в пределах древних пляжей в периоды малоамплитудных неотектонических поднятий.

2) Общий анализ палеогидросети, реконструированной по результатам бурения и геофизических работ, свидетельствует о стадийном характере ее формирования и развития в условиях сравнительно спокойного неотектонического режима. В то же время, на условия россыпеобразования в древних долинах и их приустьевых участках (эстуарии) оказывали влияние малоамплитудные неотектонические движения по зонам разломов, а также дифференцированные движения отдельных блоковых морфоструктур. Движения по неотектоническим разломам регистрируются крутыми уступами в профилях долин и наличием абразионных уступов в прилегающих к ним участках древней береговой линии. Большей частью амплитуда движений не превышает нескольких десятков метров (Лаухин, Казаринов).

Вблизи участков поднятий на стыке новейших структур, характеризующихся различным знаком и амплитудой движений, отмечается коробление поверхности выравнивания (купольные поднятия, горсты и сопряженные с ними грабен-долины), многократная перестройка долинной сети, захоронение и вторичное откапывание древнего рельефа, формирование галечных толщ, включающих продукты размыва кор выветривания (Патык-Кара, Воскресенский, 1982). Следует также отметить, что сульфидно-кварцевые жилы, зоны сульфидных и кварц-сульфидных прожилков, в пределах Ванкаремской впадины, также часто подчинены субширотной системе малоамплитудных сбросов и сбросо-сдвигов (Рыжов, 1976).

Проблема прогнозирования погребенных россыпей является весьма сложной задачей, но именно рыхлые толщи прибрежно-морских равнин в пределах золотоносных районов могут служить «резервуарами» пока еще не выявленных крупнообъемных россыпей, с другой стороны, обнаружение такого рода масштабных россыпных объектов в современных долинах, учитывая более чем полувековую историю их интенсивных поисков и разведки, является маловероятным. Основными проблемами поисков и разведки рассматриваемых объектов является трудность выделения погребенных форм палеорельефа, в пределах которых могут быть локализованы россыпи, практически не имеющие связи с современной долинной сетью и рельефом. В связи с этим представляется целесообразным сделать акцент на 2 основных критериях формирования погребенных россыпей: 1) металлогеническом и 2) морфоструктурном.

Металлогенический критерий подразумевает выявление перспективных (в т.ч. слабо золотоносных) зон тектонических нарушений (брекчирования окварцевания, сульфидизации) и прослеживание их под краевую часть чехла рыхлых отложений. Именно к такой (слабозолотоносной) зоне северо-западного направления с установленными в плотике россыпи проявлениями золото-кварцевой (жилы, прожилки), золото-кварц-сульфидной (зоны смятия и дробления с кварц-карбонатными телами сложной формы), золото-пиритовой (прожилки) минерализации приурочены наиболее продуктивные участки погребенной россыпи.

Морфоструктурный критерий позволяет выделить зоны наиболее благоприятные для россыпеобразования, отвечающие многократной смене условий формирования разно фациальных осадков: донной эрозии – боковой эрозии – аккумуляции – отложениям волноприбойной зоны.

Выделенные по результатам комплексного металлогенического и морфоструктурного анализа участки в дальнейшем необходимо ранжировать по степени перспективности с помощью современных геофизических и геохимических методов (без применения дорогостоящих горно-буровых работ). В качестве геофизических методов было бы целесообразно применить метод электротомографии (в его современных разновидностях) для картирования рельефа плотика. Целесообразность использования геохимических методов может быть обусловлена тем, что золото россыпей, затронутых абразией, в большинстве случаев было рассеяно на значительной площади, что привело к образованию широких и протяженных ореолов рассеяния. Часть золота под воздействием абразионных процессов была переработана до микроскопических частиц, о чем свидетельствуют данные спектрального анализа, фиксирующие повсеместное заражение перекрывающих золотоносный аллювий морских осадков золотом (Петров, 1978).

В заключении следует отметить, что изученность обширных прибрежно-морских низменностей Северного Ледовитого океана и побережья Охотского моря в пределах золотоносных районов весьма неравномерна и на значительной площади весьма невелика, данное обстоятельство оставляет возможность обнаружить крупные россыпные объекты, аналогичные уникальной россыпи пра-Рывеема.

Акимов Г.Ю. (АО «Полиметалл УК»)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ «HIGH-SULFIDATION» ТИПА, КАК ПРОДУКТ НАЛОЖЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ «LOW-SULFIDATION» НА СОЛЬФАТАРНЫЕ КВАРЦИТЫ

Согласно популярной сегодня классификации (White, Hedenquist, 1995), эпиптермальные месторождения золота делятся на два типа: «high-sulfidation» (кислотно-сульфатный, алу-нит-кварцевый) и «low-sulfidation» (адуляр-серицитовый).

Месторождения «high-sulfidation» типа сформированы высоко-кислотными растворами. Что следует из широкого развития пористых кавернозных кварцитов с алунином (иногда баритом) и наличия в рудах высокосернистых сульфидов с максимальной степенью окисления металлов переменной валентности. Для месторождений этого типа (Veladero в Аргентине, Pascua-Lama в Чили и др.) характерны: крупнообъемное оруденение с невысокими содержаниями золота и серебра в кварцитах и часто – значительные запасы (Au 300–600 т).

Для «low-sulfidation» типа характерен жильный и жильно-прожилковый тип минерализации, колломорфно-полосчатые текстуры кварцевых жил и наличие в рудах адуляра. Рудоносные растворы – близкие к нейтральным. Назывались и другие отличия, потерявшие свою актуальность по мере накопления информации о месторождениях: по типу и мощности земной коры, по типу магматизма, по переходу типа «high-sulfidation» с глубиной к медно-порфировым месторождениям, якобы не характерного для «low-sulfidation».

Данная классификация (построенная в основном на минералогических отличиях и составе растворов) не объясняет крупнообъемного характера золотого оруденения месторождений «high-sulfidation».

Масштабное изучение золотоносности полей метасоматических кварцитов, проведенное на востоке СССР в 1960-е годы под руководством ЦНИГРИ, не выявило признаков золотоносности в алунитовых кварцитах. Большая часть этих кварцитов была отнесена к сольфатарным, с которыми связаны месторождения серы. Отчасти поэтому, до последнего времени существование в России объектов «high-sulfidation» ставилось под сомнение.

По мнению автора, месторождения «high-sulfidation» представляют не что иное, как наложение самого типичного эпиптермального золото-серебряного оруденения («low-sulfidation») на кавернозные сольфатарные алунитовые кварциты (и сопутствующие им разности), сыгравшими роль коллектора-ловушки для рудоносных растворов. Помимо внешнего сходства (кавернозности и пористости) сольфатарных кварцитов и кварцитов с месторождений «high-sulfidation» типа, в пользу данной гипотезы говорит приповерхностное образование кавернозных алунитовых кварцитов, а то время как руды золота формируются глубже и в совсем приповерхностных условиях не отлагаются. Наличие в рудах «high-sulfidation» типа высокосернистых сульфидов может быть связано с заимствованием серы из сольфатарных кварцитов при рудоотложении. В дальнейшем такое заимствование должно быть доказано изотопными исследованиями сульфидов. Причины такого наложения следует искать в тектонике и истории конкретной вулканотектонической структуры (ВТС). Установление этих причин будет иметь важное прогнозно-поисковое значение. Если перед нами стоит задача найти крупнообъемное месторождение «high-sulfidation» типа, надо искать сохранившиеся от эрозии сольфатарные кварциты при наличии понимания о высокой вероятности наложения на эти кварциты золотоносных растворов.

Гипотеза автора о происхождении месторождений «high-sulfidation» типа является принципиально новой и может оказаться перспективной для прогнозирования.

Автор выражает признательность Ю.М. Щепотьеву (ЦНИГРИ) за обсуждения и поддержку.

**Алексеев Я.В., Конкина О.М., Пивоварова Т.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МСБ ЗОЛОТА РФ**

Рассмотрена МСБ собственно золоторудных месторождений, поставленных на Государственный баланс запасов (ГБЗ) в Российский период ее развития (Иванов А.И., Черных А.И., Алексеев Я.В. и др., 2019). В соответствии с классификацией (Металлогенический кодекс, 2012) выделено три группы объектов с начальными (впервые учтенными ГБЗ) балансовыми запасами – до 5 т, от 5 до 50 т, от 50 т.

Установлено, что в группе до 5 т (164 месторождения), начальные запасы на которых в сумме составляли 266,6 т, по состоянию на 01.01.2018 г. отмечено их увеличение до 563,6 т. При этом в результате ГРР получен прирост запасов, составивший 512,4 т при накопленной добыче 215,3 т. Основной прирост запасов был получен на 2-х промышленных типах месторождений: золотом 58 % и серебряно-золотом 39%. Наиболее значимый вклад среди золотых объектов был обеспечен Ведугинским месторождением (81,3 т), среди серебряно-золотых – Албазинским месторождением (171,3 т). Из 25 субъектов РФ, входящих в группу, основной вклад в прирост запасов обеспечил Хабаровский край (44%), второй по значимости регион – Красноярский край (21%). Среди остальных менее значимых субъектов Федерации выделена группа из 5 субъектов (в порядке убывания) Забайкальский край, Республика Саха (Якутия), Свердловская область, Республики Бурятия и Хакасия, в сумме обеспечившая 31% прироста запасов. Вклад остальных регионов незначителен.

Установлено, что в группе от 5 до 50 т (79 месторождений), начальные запасы на которых в сумме составляли 1185 т, по состоянию на 01.01.2018 г. отмечено их увеличение до 1545,9 т. При этом в результате ГРР получен прирост запасов, составивший 808,8 т (с учетом отрицательных значений по Камчатскому краю и Республике Хакасия – 15,7 т) при накопленной добыче 430,7 т. Основной прирост запасов, как и в группе до 5 т, был получен на 2-х промышленных типах месторождений: золотом 53% и серебряно-золотом 34%. Наиболее значимый вклад среди золотых объектов был обеспечен месторождениями Пионер и Гросс (98,6 и 113,4 т), среди серебряно-золотых – месторождением Бамское (99,7 т). Из 20 субъектов Федерации основной вклад в прирост запасов обеспечила Амурская область (35%), а также 4 региона – Республика Саха (Якутия) (15%), Чукотский АО (14%), Красноярский край (12%), Иркутская область (11%). Вклад остальных регионов незначителен.

Установлено, что в группе от 50 т (7 месторождений), начальные запасы на которых в сумме составляли 825,8 т, по состоянию на 01.01.2018 г. произошло их уменьшение до 743,6 т. При этом в результате ГРР получен прирост запасов, составивший 208,1 т при накопленной добыче 290,3 т. Прирост запасов был получен только на 2-х промышленных типах месторождений в 2-х субъектах Федерации: серебряно-золотом 59 % (Купол, Чукотский АО, 121,9 т) и золотом 41% (Благодатное, Красноярский край, 86,2 т).

Общий прирост запасов составил 1529,3 т, при доле месторождений до 5 т – 33,5%, от 5 до 50 т – 52,9%, более 50 т – 13,6%.

Таким образом, с формальной позиции, исходя из соотношения прироста балансовых запасов к их начальному состоянию, наибольшим потенциалом обладают объекты до 5 т (192%), тогда как в группе от 5 до 50 т это значение составило 68%, в группе более 50 т – 25%. Вместе с тем, основной объем прироста запасов был получен в группе от 5 до 50 т, при меньшем количестве объектов (39) по сравнению с первой группой (69). Соответственно выявление и последующие приросты запасов в результате ГРР на месторождениях от 5 до 50 т, а также на объектах от 50 т, будут являться фактором устойчивого поступательного развития МСБ рудного золота Российской Федерации.

**Алимов Ш.П. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ТИПОВ РУД ЗОЛОТА ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА**

Выделение природных типов руд (ПТР), закономерностей их размещения, изучение геолого-структурных условий формирования золотого оруденения, проведение геолого-минералогического и технологического картирования дают представление о перспективах золоторудных месторождений, служат разработке технологических схем обогащения и извлечения главных и сопутствующих компонентов полезных ископаемых. С данной целью были изучены природные типы руд месторождения Янги-Давон.

Золоторудное месторождение Янги-Давон расположено на северных склонах Зиаэтдинских гор в зоне Каракутанских глубинных разломов. Сложено нижнедевонскими метаморфизованными эффузивно-терригенными отложениями третьей (D_1kt_3) и четвертой (D_1kt_4) подбиты катармайской свиты, в которые внедрены дайковые тела биотитовых, амфибол-биотитовых гранодиорит-порфиров; диоритовых, кварцевых диоритовых порфиров, лампрофиров.

Геологическим изучением района занимались И.Х.Гумарова, С.Н.Попенко, А.С.Аделунг, Г.С.Чикрызов, Н.Н.Салькова, К.В.Стукова, А.П.Холопов, Г.В.Головлев, Б.Ф.Меркель, А.С.Аристов, Г.В.Горев и др.; минералогией и геохимией – Р.П.Бадалова, Г.П.Чеботарева, А.П.Холопов, Х.Н.Баймухамедов, А.С.Курбанов, Э.Б.Бертман, В.Л.Шадрин, В.Д.Цой, Ш.П.Алимов и др.

В размещении золотого оруденения месторождения Янги-Давон важную роль играли литологические, структурные и магматические факторы. Минерализация на изученных золоторудных месторождениях носит вкрапленный, гнездово-вкрапленный характер. Золото самородное встречается в метасоматитах, кварце, в окварцованных реликтах пород, в участках брекчирования. Золото постоянно находится в ассоциациях с рудными минералами, пиритом, халькопиритом, блеклой рудой и более поздними гидрооксидами Fe, вторичными сульфидами меди. В кварце отмечаются включения арсенопирита, самородного золота, халькопирита, иногда, блеклой руды, галенита.

Выделены 3 промышленных типа руд: 1) метасоматически измененные терригенно-вулканогенные образования с золотой минерализацией; 2) кварцево-жильный частично окисленный и 3) окисленные руды по метасоматитам.

На основе анализа закономерностей размещения золотого оруденения, с учетом генетических представлений предложена схема формирования промышленных типов руд месторождения. Исходные потенциально рудовмещающие породы были подвержены тектоническим нарушениям, по которым проникали гидротермальные рудоносные растворы, имеющие преимущественно алюмосиликатный состав. В результате взаимодействия гидротермальных растворов с вмещающими породами образовались метасоматиты, содержащие золото. Отложение золота во вмещающих породах сопровождалось метасоматическим и мелкопрожилковым окварцеванием, связанным с внедрением гидротермальных растворов. Различные подтипы отличаются по содержанию кремнезема, кварца и золота.

Формирование природных типов руд связано со следующими условиями и процессами: 1) наличие пестрого по литологическому составу разреза толщи (терригенные, карбонатные и вулканогенные породы); 2) наличие рудоподводящего разлома, по которому проникали гидротермальные растворы из магматического «очага»; 3) гидротермальная проработка вмещающих пород с образованием метасоматитов с золотом (I ПТР), 4) образование в зоне разлома кварцево-жильного типа с золотом (II ПТР); 5) образование в зоне гипергенеза окисленных руд (III ПТР).

Выделенные ПТР на месторождении Янги-Давон являются типоморфными для Западного Узбекистана, что имеет важное значение при поисковых работах на новых аналогичных месторождениях.

Алямкин В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО РИФЕЯ В ПРЕДЕЛАХ ЗЫРЯНОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

Зыряновская площадь находится в пределах юго-западной части Енисейского кряжа. В этой части кряжа предшествующими исследователями были установлены преимущественно проявления свинцово-цинкового оруденения, локализованного в терригенных и карбонатных отложениях тунгусикской серии верхнего рифея. Из проявлений золоторудной минерализации были известны только мелкие единичные рудопоявления, локализованные в вулканогенно-осадочных отложениях сухопитской серии нижнего и среднего рифея. Вместе с тем, отложения сухопитской серии являются основной вмещающей средой для локализации золотого оруденения на остальной части Енисейского кряжа.

Впервые по результатам геологоразведочных работ, выполненных за счет средств федерального бюджета (Долгушин, 2017) в пределах Зыряновской площади выявлены прямые признаки промышленно значимого золотого оруденения в вулканогенно-осадочных отложениях сухопитской серии среднего рифея и в развитой по этим отложениям коре химического выветривания.

Горными и буровыми работами здесь выявлена минерализованная зона протяженностью более 10 км при ширине 1,5 км в вулканогенно-осадочных отложениях горбилонской свиты сухопитской серии среднего рифея. Рудовмещающие отложения представлены хлорит-серицит-кварцевыми, биотит-хлорит-серицит-кварцевыми сланцами и окварцованными алевролитами. Эти породы в условиях гипергенеза дезинтегрированы до обломочно-щебнистого и щебнисто-глинистого состояния коры выветривания.

Кора выветривания площадного типа, характеризуется сокращенным профилем и представлена преимущественно зоной дезинтеграции и в незначительной степени зоной выщелачивания. Зона выщелачивания представлена щебнисто-глинистыми образованиями буровато-рыжего цвета, сульфидная минерализация здесь практически полностью окислена. Мощность этой зоны 30–50 м. В зоне дезинтеграции породы разрушены до обломочно-щебнистого, щебнисто-глыбового состояния зеленовато-серого, светло-серого цвета, обломки пород содержат вкрапленность окисленных сульфидов (преимущественно пирит). Мощность зоны дезинтеграции более 200 м (поисковые скважины не вскрыли эту зону на полную мощность).

В пределах минерализованной зоны горно-буровыми работами (канавы и скважины) были вскрыты рудные сечения мощностью от 1,0 м до 25,0 м и с содержаниями золота до 18,0 г/т. Эти рудные сечения в дальнейшем были увязаны в рудные зоны и рудные тела. Оценены прогнозные ресурсы золота категории P_2 в количестве 36 т и категории P_1 в количестве 10 т со средними содержаниями золота 1,2 г/т.

В результате изучения вещественного состава руд установлено, что выявленные руды относятся к золото-кварцевому малосульфидному типу. Основными рудными минералами являются: пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, самородное золото. Основным полезным компонентом руд является золото, которое преимущественно на 90,99% находится в свободной форме и пригодно для цианирования.

Продолжительный период юго-западная часть Енисейского кряжа считалась малоперспективной на обнаружение промышленно значимого золотого оруденения. Установленные

содержания золота не удовлетворяли региональным промышленным кондициям. Однако, по результатам проведенных поисковых работ на данной площади выявлены легкообогатимые золотоносные коры выветривания со средними содержаниями золота 1,2 г/т, протягивающиеся на десятки километров. В настоящее время, подобные золоторудные объекты представляют поисковый и промышленный интерес. В дальнейшем необходимо продолжить изучение этой части Енисейского кряжа с целью прослеживания и оценки золотоносной коры выветривания.

**Аристов В.В., Мурашов К.В., Сидорова Н.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИМПИЧЕ
(ЯКУТИЯ, АРКТИЧЕСКАЯ ЗОНА РОССИИ)**

Месторождение Кимпиче открыто в 2003–2012 гг. в ходе работ по изучению Верхоянской сереброрудной провинции, на востоке Якутии, в 250 км к западу от пос. Батагай. Рудовмещающими являются нижнепермские песчано-глинистые шельфовые отложения подводных речных дельт, образование которых сопровождалось базальтовым магматизмом. Структурный контроль рудного района осуществляется зонами субмеридиональных взбросов и поперечными зонами малоамплитудных долгоживущих сбросо-сдвигов. Рудные объекты приурочены к крыльям надвзбросовых антиклиналей и к структурам растяжения, входящим в сдвиговый парагенезис. Рудоносные минерализованные зоны дробления месторождения Кимпиче приурочены к левым сдвигам северо-западного простирания. Основные запасы месторождения (около 1100 т серебра, оцененные по категориям C_1 и C_2) сосредоточены в крутопадающих рудных столбах концентрационного и комбинированного типов. Характерно многократное телескопирование разновозрастных минеральных ассоциаций, дорудные и послерудные брекчии. Последовательность минералообразования соответствует установленной предшественниками для серебряных месторождений Верхоянья. Уровень эрозионного среза оценивается как «рудный» по совокупности структурных и минералого-геохимических данных.

Особенностями месторождения Кимпиче являются отсутствие магматических образований в радиусе более 60 км, отсутствие выраженной зональности для объектов различных металлогенических рангов, гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты, простой минеральный состав (сидерит, блеклые руды и самородное серебро), низкая серебристость и повышенные содержания As и Fe в блеклых рудах, а также отсутствие корреляций между содержаниями Pb и Ag. Руды месторождения характеризуются крайне неравномерным распределением и высокими концентрациями Ag (среднее по месторождению 1095 г/т). Установлены тетраэдрит и самородное серебро с повышенными содержаниями Hg и Bi. Геохимический спектр руд: (Fe-Mn-S)-Sb-Ag-Cu-As-In-Bi-Zn-Mn-Cd-Hg-($\pm$ Pb $\pm$ Sn). После проведения корреляционного и факторного анализа установлено, что в составе этого спектра можно выделить ассоциацию Ag-Cu-Bi-Sb-As-Hg (продуктивная минеральная ассоциация) и ассоциацию Zn-Pb-Sn (поздняя полиметаллическая минеральная ассоциация, проявленная на месторождении спорадически).

Условия образования руд месторождения определены на основе анализа особенностей распределения микроэлементов, изучения флюидных включений в кварце, определения изотопного состава кислорода, углерода и серы.

Руды месторождения Кимпиче сформированы в эпипетермальных условиях на глубинах менее 2 км ($T = 210 \pm 30^\circ\text{C}$; $P = 350 \pm 50$ бар) из восстановительного хлоридно-гидрокарбонатного, кальциево-натриевого флюида с высокой соленостью (33 ± 2 мас. % – экв. NaCl), однородного по изотопному составу O ($\delta^{18}\text{O}$ (H_2O) = 9‰) и S ($\delta^{34}\text{S}$ = от -2 до +2) при почти полном отсутствии

CO₂ и других газов. Изотопный состав углерода в сидерите $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ меняется от -1,3 до +2,1‰. Эти значения отвечают карбонатам, вероятным источником которых являются растворы, равновесные по изотопному составу с породами докаменноугольного основания Верхоянья. Состав и температуры флюида в области рудогенерации не позволяли эффективно переводить некоторые рудных компонентов (Pb) в раствор, что способствовало формированию практически мономинеральных тетраэдритовых руд. Отложение рудных минералов происходило в термостатированных условиях за счет изменения химических параметров растворов (взаимодействие карбонат-флюид).

Особенности флюидов демонстрируют сходство с высокосолеными флюидами олово-серебряного месторождения Купольное.

К объектам-аналогам могут быть отнесены месторождения Аллара-Сахской зоны (Хачакчан, Заря, Ночка), на которых рекомендуется возобновление поисковых работ.

**Афанасьева Е.Н., Миронов Ю.Б. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)
ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ
В КУОЛАЯРВИНСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)**

Куолярвинский рудный узел впервые выделен в 2004 г. работами ФГУП «ВСЕГЕИ» (Афанасьева Е.Н. и др.) в качестве перспективного на золото-урановое оруденение в пределах Куола-Панаярвинского урановорудного района (Кондаков С.Н., 1972). Уже тогда на урановых рудопрооявлениях, связанных с альбититами, нами были установлены высокие содержания золота. Новые данные о геологическом строении и золотоносности рудного узла были получены в рамках ГДП-200 нового поколения (2017 г.).

Куолярвинский рудный узел располагается в Восточно-Карельской структурно-металлогенической зоне, разделяющей Карельский и Беломорский мегаблоки. Узел имеет сложное геологическое строение, обусловленное гетерогенным разрезом раннепротерозойских метаморфизованных осадочных, вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, прорванных интрузиями базитов, ультрабазитов, дайками карбонатитов и плагиодацитов. Территория характеризуется наличием глубинных разломов меридионального простирания, с которыми сопряжены зоны опережающих нарушений северо-восточного простирания.

Металлогения Куолярвинского прогиба определяется наличием золоторудных и золото-урановых объектов различных рудно-формационных типов: золото-кварцевого (малое месторождение золота Майское), золото-сульфидно-кварцевого (проявления Аухти, Кайлары и др.), уранового, золото-уранового в метасоматитах (рудопрооявления Озерное, Лагерное, Алакуртти и др.).

По данным 2015–2017 гг. на золото-урановых рудопрооявлениях установлены четыре рудные ассоциации: 1) мезотермальная молибденит-уранинит-браннеритовая, связанная с доломит-биотит-хлорит-альбитовыми метасоматитами; 2) мезотермальная браннерит-уранинитовая ассоциация, связанная с доломит-амфибол-альбитовыми метасоматитами; 3) эпитеермальная золото-селенидно-теллуридная ассоциация, связанная с кварц-анкеритовыми метасоматитами и имеющая наложенный характер по отношению к первым двум; 4) мезотермальная золото-пирит-пирротин-халькопиритовая ассоциация в кварцевых жилах выполнения во вмещающих альбититы породах. Все минеральные ассоциации развиты в пределах единых рудоносных зон. Содержания золота в штучных пробах из альбититов с наложенными кварц-анкеритовыми изменениями достигают 1–5,5 г/т, в бороздовых пробах – 0,5 г/т на 0,5 м. Содержания золота в кварцевых жилах достигает 20 г/т, в бороздовых пробах – 0,7 г/т на 1 м. В штучных пробах

из керна скважин №№ 3–7, пробуренных в центральной части рудного узла, установлены содержания золота от аномальных (0,18–0,35 г/т) до уровня рудных концентраций (0,99–14,0 г/т) в метасоматитах биотит-хлорит-альбит-доломит-кварцевого состава (эйситах). Зерна золота размером от 5 мкм и более локализуются по границам жильных минералов.

Полученные данные позволяют положительно оценить перспективы выявления золоторудных объектов следующих типов: 1) собственно золоторудный мезотермальный, связанный с эйситами; 2) золото-малосульфидно-кварцевый мезотермальный (в кварцевых жилах); 3) золото-сульфидно-кварцевый мезотермальный (в сульфидно-кварцевых жилах); 4) комплексный золото-(молибден)-урановый, связанный с альбититами и наложенными низкотемпературными кварц-анкеритовыми метасоматитами.

Прогнозные ресурсы золота рудного узла в 2004 г. оценивались по категории P_3 в 60 т (Афанасьева и др.). Они сосредоточены в пределах трех площадей, соответствующих рудным полям – Алим-Курсуярвинской (90 км²), Майской (100 км²), Нилуттиярвинской (85 км²). В 2018 г. прогнозные ресурсы золота Куолаярвинского рудного узла оценены по категории P_3 в 18 т (Паспорт перспективного объекта, 2018 г.). Наблюдаемое несоответствие связано с неполным учетом особенностей рудоносности территории исследований по сравнению с объектами-аналогами проявлений группы Ромпас сопредельной территории Финляндии.

**Багатаев Р.М. (ГАОУ ВО «ДГУНХ»)
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА
РУДНОЕ ЗОЛОТО В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ
ГОРНОГО ДАГЕСТАНА**

Данные содержания золота и серебра, определенные в разные периоды проведения геологосъемочных и геологоразведочных работ на цветные металлы позволили обосновать геологические исследования золотоносности черносланцевых толщ Горного Дагестана. Для постановки поисковых работ более привлекательным оказалось Куруш-Мазинское рудное поле, расположенное в ЮВ части сланцевой области территории республики, представленной ниже- и среднеюрскими отложениями.

В результате проведенных в 2010–2017 гг. по двум последовательным объектам поисковых работ на рудном поле характеризуются Курушская и Мазинская площади, в пределах которых выделен ряд участков относительной концентрации кварц-карбонат-сульфидных и кварц-сульфидных рудопроявлений в линейных системах складчато-разрывных структур. Основные объемы поверхностных горных выработок и керновых скважин выполнены на Перевальном участке Курушской площади. На нем по данным установленным комплексом методов поисковых работ выделены Южная и Северная минерализованные зоны, о контурены золото-содержащие колчеданно-полиметаллические рудные тела. Последние локализуются в связи с линейно вытянутыми жильно-штокверковыми зонами, имеют ЮЗ простирание, мощность 1–2 м, по падению от поверхности прослежены на 100–150 м. Основной структурно-морфологический тип рудных тел – жильно-прожилково-вкрапленный, редко – массивный линзовидный, соответственно, с кварц-карбонат-сульфидным (пирит, галенит, сфалерит) и кварц-сульфидным (пирит, пирротин) парагенезисом минералов. Эти колчеданно-полиметаллические рудные формации, содержат золото (0,5–2,3 г/т) и серебро (15–20 г/т).

Оценены прогнозные ресурсы рудного золота участков Перевальный – 29,6 т (P_1) и 40,1 т (P_2) и Ихирский (Мазинская площадь) – 59,2 т (P_2). По состоянию на 01.01.2017 они опробированы в количестве: 15 т (P_1) и 32 т (P_2) на участке Перевальный, и 28 т (P_2) на участке Ихирский.

В тектоническом отношении Куруш-Мазинское рудное поле представляется складчато-надвиговым поясом, который в поперечном сечении имеет структуру рудообразующей системы вида веерообразных взбросо-складок. К приповерхностным осевым частям последних приурочены различные малых мощностей жильно-прожилковые золотосодержащие колчеданно-полиметаллические проявления. В соответствии с их пространственным распространением в рудном поле выделяются единые линейно вытянутые рудные зоны, которые имеют сходные структурно-морфологические черты и локализуются в секущие разрывные нарушения, прослеживаемые по простиранию систем антиклинальных складок.

В углеродисто-терригенной толще нижней–средней юры Горного Дагестана установлены следующие основные формационные типы оруденения золота, относящиеся к киммерийской и альпийской металлогеническим эпохам: колчеданно-полиметаллическая с золотом, золото-мышьяковистая кварц-сульфидная, золото-карбонат-кварц-пиритовая, мало сульфидная золото-кварцевая, золото-кварц-полисульфидная, золотоносные кварц-пирит-серицитовые и кварц-пирит-хлоритовые метасоматиты. Масштабы их распространения незначительны и золото в них в основном находится в мышьяковистом пирите. Это не благоприятный фактор с учетом небольших мощностей рудных тел и сложных высокогорных условий ведения работ.

Самостоятельная экономически целесообразная промышленная разработка золотосодержащих колчеданно-полиметаллических руд в черносланцевых толщах ЮВ части Горного Дагестана маловероятна. Эти руды могут представлять интерес лишь в случае начала промышленного освоения медно-колчеданного месторождения Кизил-Дере. При этом возможно дальнейшее геологическое изучение золотоносности сланцевой области региона за счет собственных и привлеченных финансовых средств потенциальных недропользователей.

Бакшеев Н.А. (АО «СНИИГГиМС»)

ПРИЗНАКИ И КРИТЕРИИ ПОИСКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СКОПЛЕНИЙ ЗОЛОТА В ЕГОРЬЕВСКОМ РУДНО-РОССЫПНОМ РАЙОНЕ (САЛАИРСКИЙ КРЯЖ)

Егорьевский рудно-россыпной район расположен на юго-западном склоне Салаирского кряжа, в Маслянинском районе Новосибирской области, в 200 км к востоку от г. Новосибирска. В геологическом отношении рудный район приурочен к сводовой части Егорьевско-Валовской горст-антиклинали, ядро которой сложено терригенно-карбонатными породами, а крылья эффузивно-терригенными образованиями нижнего кембрия. Они, прорываются массивом гранитоидов новолушниковского комплекса нижнего ордовика, не выходящим на дневную поверхность и дайками метадiorитов, диабазов, реже гранит-порфиоров, приуроченных к разломам СЗ и субмеридионального простирания.

В настоящее время в пределах Егорьевского рудного района, золото добывается только из россыпей, выявленных преимущественно в XIX столетии. Всего добыто около 14 тонн золота. По работам прошлого века, установлено, что источником Au в россыпях являются золотоносные коры выветривания, в свою очередь развивающиеся по минерализованным зонам березит-лиственитовых метасоматитов Au-сульфидно-кварцевой и Au-сульфидной формаций. Зоны характеризуются средними значениями золота 1,5–2,5 г/т, протяженностью от сотен метров до первых километров, с мощностью рудных сечений 20–40 м в коре выветривания, 3–10 метров в коренных породах. Параметры оруденения в коренных породах установлены по данным спектрозолотометрического (СЗМ) анализа, а в коре выветривания по весовому золоту из шлиховых проб. Некоторые рудные сечения для контроля анализировались пробирным способом. В результате сопоставления данных установлено, что в рудных зонах коры

выветривания содержания золота извлечённого гравитационным способом, в несколько раз меньше содержаний полученных пробирным методом, из-за недоучета тонкодисперсного Au концентрирующего в гетите и др. минералах. Также занижение содержаний золота отмечается при сопоставлении СЗМ анализа с пробирным. Так как выделение большинства рудных зон выполнялось по данным СЗМ анализа, то занижение содержаний приводило к пропуску зон, уменьшению выявленных мощностей, и соответственно, к недооценке перспектив рудных объектов. По геологическим характеристикам, оруденение Егорьевского рудно-россыпного района, подобно объектам Коммунарковского рудного района (Кузнецкий Алатау), где за период эксплуатации, по разным источникам, добыто от 70 до 100 тонн золота.

Предварительная реконструкция образования скоплений золота в россыпях и в золотоносной коре выветривания показывает, что золотое оруденение сформировано в несколько этапов: в кембрии на 1 этапе образовались карбонатные породы с горизонтами содержащими углерод и золото; на 2 этапе в результате тектоно-магматической активизации образовались метасоматиты, с наложенной золотой минерализацией линейной и штокверковой формы; на 3 этапе по метасоматитам с Au сформировались золотоносные коры выветривания; на 4 этапе при перемыве последних, образовались россыпи золота.

В связи с потенциальной перспективностью выделяемых типов оруденения Егорьевского рудного района предлагается, провести оценку золотосности по методике разработанной в ЦНИГРИ, с усилением основных критериев, следующими факторами:

- выделение минерализованных зон с Au в коре выветривания и коренных породах проводить с привлечением элементов спутников устанавливаемых при математической обработке по геохимическим золоторудным ассоциациям, включая петрогенные элементы, а для определения их промышленной значимости использовать данные преимущественно пробирного анализа;

- при определении рудноформационного типа оруденения и выделения золоторудных метасоматитов необходимо использовать данные их химического состава, в том числе состава золотин и минералов спутников, полученных с помощью электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и рентгеноструктурного анализа.

Барышев А.Н., Хачатрян Г.К. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПРИРОДА И ПОЗИЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО –
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАГЕНИИ В ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ
МОДЕЛЯХ

Тенденция геолого-экономической политики – передавать разведку месторождений частным инвесторам со стороны государства острее вызывает необходимость исследований проблем общей минерагении на больших территориях. В существующих прогнозно-поисковых комплексах и моделях месторождений недостаточно внимания уделяется вопросам геодинамики и тектоники, которые позволяют глубже понять природу и позицию источника полезного ископаемого, тем самым повысить обоснованность оценки перспектив минерагенических систем уже при мелкомасштабных исследованиях. Основой новых разработок является системный анализ закономерностей перемещения и дифференциации геологической среды в разные фазы неустановившейся конвекции, сочетания в пространстве горизонтальных (спрединговых и шарьяжных), нисходящих (субдукционных), восходящих (эдукционных) процессов и структур. Важная роль при этом отводится обязательному учету состава субдуцируемых толщ и их вещественной дифференциации, которая происходит не только в глубинных, но и в экзогенных

условиях перед субдукцией. Субдуцированные толщи существенно влияют на состав протолита, из которого образуются рудоносные магматические очаги. Кроме того процесс субдукции сопровождается региональным метаморфизмом, приводящим к регенерации руд, миграции полезного ископаемого из областей пластического выжимания в области нагнетания. В докладе обосновываются следующие положения.

Основа эндогенной алмазности минерагенических провинций платформ создается при доплатформенной субдукции базит-гипербазитовых толщ дна древних бассейнов, в которых присутствовали включения экзогенной (биогенной) органики. Субдукция в виде сжатых опрокинутых синклиналей, захватывая и шельфовые фации, происходила по краям конвективной ячей. Субдуцированные толщи явились протолитом для карбонатитового с УЩК магматизма и лампроит-кимберлитового вулканизма, которые определили общую зональность от центра платформы к её периферии: кимберлиты лампроиты карбонатиты. За зоной карбонатитов алмазносные трубки отсутствуют, присутствуют только россыпи.

Основой золотоносности терригенно-сланцевых толщ с уникальными месторождениями служит осадочная дифференциация продуктов размыва континентальных расслоенных базит-гипербазитовых массивов с комплексной металлогенией. Золото концентрируется в псаммит-пелитовых углеродистых фациях, разубожено в псефит-псаммитовых фациях, не характерно для хемогенного карбонатного осадкообразования, где присутствуют карбонаты Fe и Mg. При региональном метаморфизме, связанном с субдукцией этих толщ в краевых синклиналях, золото нагнетается в призмковые области дополнительных антиклиналей, а вместе с кварцем в жилы. Метаморфогенные складки при извлечении из глубины сохраняют их вергентность.

Протолит магматических очагов медно-порфировых систем в вулcano-плутонических поясах формируется за счет субдуцированных меденосных толщ базитовой коры океанического типа. Наиболее продуктивные меднопорфировые системы образуются при магмообразовании за счет меденосных толщ, которые вслед за субдукцией приобрели крутое залегание. В иных обстановках, без субдукции, интрузивы средне-кислого состава содержат мелкие месторождения медно-порфирового облика (бошекульский тип). При субдукции континентальной коры, не содержащей меденосных толщ, в обрамляющих ячей краевых поясах медно-порфировые месторождения не образуются.

Металлогеническая специализация континентальной литосферы берет начало от общепланетарной конвекции. Примером служит оловоносная специализация в древнем планетарном поясе Пангеи на границе с Панталассой, который расчленен мезозойскими океанами на серию металлогенических провинций Востока и Юго-Востока Азии, Австралии, Юга Африки, Севера Южной Америки. При оценке оловоносности территорий вне пределов этих провинций, даже при сходстве их геологических формаций и тектоники, нельзя использовать удельную продуктивность, присущую формациям упомянутого пояса.

Безруков В.И. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ
(РОССИЙСКОЙ) ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

С целью решения задачи по прогнозированию золоторудных месторождений в восточной (российской части) Балтийского щита выполнены следующие работы:

1. В векторном формате составлен предварительный вариант ГИС-проекта прогнозно-металлогенической карты на золото, который охватывает территорию Карело-Кольского

региона и сопредельную территорию Финляндии. ГИС-проект включает ряд покрытий (шейп-файлов), главные из которых:

- структурно-формационная геологическая основа,
- признаки рудоносности (включает более 2 тыс. прямых и косвенных признаков – месторождения, проявления, пункты минерализации, шлиховые и шлихо-геохимические аномалии).

2. По результатам сбора, обобщения и анализа геологической информации уточнены представления о металлогении золота в пределах зарубежных докембрийских кратонов, в том числе, и по западной части Балтийского щита (Финляндия), предварительно определены ведущие факторы и признаки прогнозирования золоторудных объектов.

3. Определены отличительные особенности металлогении Балтийского щита относительно других докембрийских кратонов, геологического строения фундамента и потенциально рудоносных структурно-вещественных комплексов, которые могут определять перспективность территории на золото.

Ретроспективный анализ специализированной на золото поисковой изученности территории Карело-Кольского региона за счет государственных средств показал крайне низкую степень опосредования ведущего в мире докембрийского продуцента золота – зеленокаменных структур и гранит-зеленокаменных ассоциаций, которая была получена, главным образом, в период 1972–1992 гг. Частные компании работают, как правило, на локальных площадях и вопросами средне-крупномасштабного прогнозирования не занимаются.

Предварительный анализ показывает, что на территории Карело-Кольского региона возможна локализация и обоснование рудных узлов, перспективных на выявление крупных и средних по размерам месторождений золота различных формационных и геолого-промышленных типов, а именно:

- типичных для докембрия орогенных золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых месторождений в лопийских зеленокаменных структурах;
- типичных для докембрия орогенных жильных и штокверковых месторождений золота в пространственно-генетической ассоциации с гранит-порфирами позднеархейского возраста;
- нехарактерных для протерозойского этапа развития на других выступах докембрийского фундамента эпitherмальных, близповерхностных золотых и золото-серебряных месторождений;
- нехарактерных для докембрия крупнообъемных золотосодержащих молибден-медно-порфировых месторождений.

С учетом геологической и поисковой изученности территории Карело-Кольского региона предварительно выделены разноранговые объекты, которые могут быть рекомендованы как для лицензирования, так и для геологического доизучения за счет средств федерального бюджета с целью локализации перспективных объектов и подготовки их к лицензированию.

**Бондаренко Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Утенков В.А. (МГРИ-РГГРУ),
Пачерский Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ВЗАИМОСВЯЗЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕТРЕНСКОЕ С ГРАНИТОИДНЫМ МАГМАТИЗМОМ
И ЕГО РУДНО-ФОРМАЦИОННЫЙ ТИП**

Для Колымского золотоносного региона актуальным является вопрос о связи оруденения с гранитоидным магматизмом и его конкретными комплексами. На основании изучения вещественного состава гранитных массивов и вмещающих пород района Ветренского месторождения, а также минералого-геохимических исследований руд месторождения составлена

геолого-генетическая модель формирования золотого оруденения и проведена его рудно-формационная типизация.

Изучение гранитов показало, что их центры сложены крупнозернистыми Vt-гранитами с высоким содержанием кварца и фракционной кристаллизацией бесцветных минералов (после магнетита, апатита, циркона и биотита), общий тренд – $An_{30-40} + Qtz \rightarrow Fsp$. Отличительные черты заключаются в интенсивной (докалишпатовой) деанортитизации плагиоклаза $An_{40} \rightarrow An_{30}$, а также в отсутствии монцонитовых структур. Обе особенности отражают низкое давление воды (<1500 бар) и химический способ её растворения в расплаве. Признаком сухости является и полное отсутствие поздних мирмекитов. При деанортитизации плагиоклаза расходуется кремнезём расплава и поэтому прекращается образование кварца, а сам расплав обогащается Са:

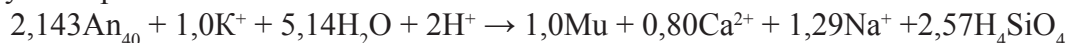


Реакция идёт с увеличением объёма плагиоклаза ($\Delta V = +7,6 \text{ см}^3/\text{моль}$), но из-за низкого содержания воды в расплаве нет деформации кварца, которая всегда наблюдается в высоководных гранитах. Начальное равновесие $An_{40} + Qtz$ при условии $P_{H_2O}=0,5$ кбар будет по Йодеру соответствовать $\sim 900^\circ\text{C}$, а при деанортитизации – $\sim 800^\circ\text{C}$.

Калиевый полевой шпат, заполняющий свободное пространство, не содержит поздних пертитов распада, но в нём есть псевдопертиты, превращённые в альбит, кристаллизующиеся с расширением. В результате усиливается давление на матрицу Fsp, что приводит к его уплотнению и развитию микроклиновой решётчатости. Альбитизации псевдопертитов сопутствует образование узкой альбитовой каймы вокруг Fsp. Температура равновесия Fsp и альбита приходится на 700°C , а давление воды в остаточном плёночном расплаве возрастает до 5 кбар.

Сравнение пород из центра и периферии массивов показывает уменьшение кремнекислотности и увеличение водонасыщенности расплава от центра к периферии массивов, где характерно экранирующее влияние контактов, препятствующее дегазации, и закономерное повышение давления летучих компонентов. В итоге происходит накопление пленочного расплава с формированием отдельной поздней фазы гранитоидов, в основном порфировидного облика.

В породах периферийного комплекса из-за сильных вторичных изменений первичные минералы частично сохраняют свою форму, но замены выделения Vt и Pl в виде вкрапленников. Биотит почти полностью замещен хлоритом с выделением лейкоксена, а основная тонкозернистая масса замещена серицитом и карбонатом. Плагиоклаз образует широкие изометричные вкрапленники с прямолинейными краями, с образованием по нему псевдоморфоз альбита. В центре вкрапленников сохраняется Pl с повышенной основностью, по которому из-за большего содержания Al развивается поздний мусковит. Данная метасоматическая реакция имеет кислотную направленность:



Десиликация представляет собой диффузионный механизм, с застойным состоянием раствора. В то же время реакция протекает с сильным уменьшением объёма твёрдых фаз ($\Delta V = -64 \text{ см}^3/\text{моль}$), что приводит к «разрыхлению» структуры первичной породы и мобилизации выносимых компонентов.

Таким образом, возникающая проницаемость, гидролизный характер реакции и ее кислотная направленность, а также обогащенность остаточных растворов Y, As, Bi, Sn, W, Mo, что способствуют интенсивной грейзенизации эндоконтактов плутонов, а при тектонической нарушенности экранирующих контактовых роговиков и в зоны экзозонтактов.

Тектонические разрывы, пересекающие краевые части массивов и сопряжённые с ними зоны контактовых роговиков, сопровождаются массой оперяющих трещин и значительно влияют на состояние системы. Это выражается в том, что растворы, заполняющие разрывы при

расширении, подвергаются декомпрессии и адиабатическому охлаждению. Данное охлаждение относится к категории быстрых процессов, при которых растворы не успевают вступить в теплообмен с окружающей средой. Охлаждённые растворы заполняют не только мелкие разрывы, но и межзерновое (поровое) пространство. Наличие в приконтактных частях плутонов грейзенов шеелит-молибденитового типа в ассоциации с мелким мусковитом хорошо согласуется с инверсионным характером заключительного этапа становления массивов.

Поведение флюидной массы за контурами контактов кислых плутонов определяется прежде всего взаимодействием со вмещающими породами на фоне достаточно быстрого падения температуры. Как видно, из приведенных выше реакций происходит вынос Na и Ca, а водный флюид приобретает свойства гидротермальных растворов, которые, судя по минерализации, обогащены As, Bi, S, частично Au, Ag, Cu, Te. Анионная группа, судя по анализам, представлена в основном Cl, который присутствует во всех слюдистых фазах.

Таким образом, при прохождении растворов через глинисто-углистые и глинистые сланцы происходит их изменение, выраженное в березитизации, накоплении углеродистого вещества и аргиллизации. Так, березитизация характеризуется минеральной ассоциацией кварца, серицита и карбонатами сидерит-анкеритового ряда, а по периферии отмечается хлорит (клинохлор). Следует отметить, что во вмещающих углисто-глинистых отложениях с исходной примесью пирита развивается пирротин-пирит-халькопиритовая минерализация, что соответствует пересыщению растворов серой и представляет начальную колчеданную стадию рудогенеза.

Для Ветренского месторождения установлено нахождение различных типов органического вещества от антраксолитов до разной степени кристалличности графита и их приуроченность к конкретным литолого-стратиграфическим таксонам. Отмечается накопление углеродистого вещества (УВ) по плоскостям кливажа и в замках микроскладок и его выгорание по периферии центральной зоны. Такое поведение УВ оказывает значительное влияние на породы березитовой минеральной ассоциации, поскольку его окисление (выгорание) приводит к образованию карбонат-иона, что определяет возможность появления карбонатных фаз. Так, диссоциации угольной кислоты $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$ приводит к образованию сидерита-анкерита, смена типа диссоциации на $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ отвечает кристаллизации кальцита.

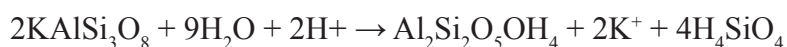
В ходе указанных процессов с понижением температуры наблюдается перераспределение рудного вещества. Так, например, пирротин колчеданной стадии выщелачивается с образованием пирит-арсенопиритовой минеральной ассоциации.

В процессе выщелачивания образуются зоны сульфидизации пирит-арсенопиритового состава с возникновением многократных генераций кварц-сульфидных прожилков, рудных столбов с высокими концентрациями золота. Столбы характеризуются тонкими игольчатыми кристаллами арсенопирита, в виде реакционной оторочки вокруг пирротина и гнездовидными скоплениями мелкого пирита при сохранности крупных ксеноморфных выделений раннего пирита. Вышеизложенное, на наш взгляд, позволяет выделить пирит-арсенопиритовую подстадию продуктивной стадии.

Следующая ступень минералообразования означает новый сброс внутренней энергии и соответствующее снижение температуры, в ходе которой формируется прожилково-вкрапленная золото-кварц-арсенопиритовая (с рутилом и реликтовым пиритом) ассоциация. Для неё характерен крупный идиоморфный арсенопирит с катаклазированными реликтами пирита. В незначительном количестве появляются тетрадимит $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$, гессит Ag_2Te , петцит Ag_3AuTe_2 . По совокупности признаков минералов и присутствию висмута-теллуридов эту ассоциацию минералов можно выделить в отдельную «сульфо-арсенидную подстадию» завершающую продуктивную стадию, окончание которой фиксируется началом кристаллизации альбита.

Следует отметить, что золото тонкопластинчатое, интестициональное, размерностью 0,05-0,15 микрометров, 865-870 пробы, примеси серебра от 9,5 до 13% и незначительные содержания As, Te, Hg. В выделениях присутствуют многочисленные мелкие включения кварца и реже альбита. Таким образом, типоморфные признаки золота во многом отражают минералогическую специфику его образования, отвечающую мезотермальным березитоподобным изменениям и пространственно совмещенному с накоплением УВ.

Как отмечалось выше, появление таблиц альбита служит маркером пограничных парагенезисов между собственно березитами и низкотемпературными аргиллизитами. В минеральной ассоциации новообразованными минералами аргиллизитов являются каолинит, гидрослюда, шамозит (железистый хлорит), пирит, карбонаты анкерит-доломитового ряда, а также сидерит. Все они представляют кислотную стадию. Но в виде реликтов были встречены кварц и адуляр, соответствующие раннещелочной стадии. Весьма характерно активное замещение адуляра каолинитом:



Эта реакция является кислотным гидролизом и протекает с сильным уменьшением объёма твёрдых фаз ($\Delta V = -118,9 \text{ см}^3/\text{моль}$). Это приводит к «разрыхлению» структуры породы и существенному расширению трещин, которое в свою очередь приводит к адиабатическому охлаждению системы. При охлаждении рудно-метасоматической системы происходит ее разделение на гидротермальную и пневматолитовую фазы. С гидротермальной фазой связано образование жильно-прожилковых зон на флангах Ветренского месторождения, в которых, помимо кварца, присутствует самородное золото и незначительное количество идиоморфного кубического пирита. Форма выделения пирита в прожилках и типоморфные признаки золота – пробность 940-950, изоморфная примесь серебра 5-6%, размер выделений от 0,5 до 1,5 мм – позволяют выделить гидротермалиты в отдельную стадию рудогенеза («продуктивную кварцево-жильно-прожилковую убогосульфидную»).

С пневматолитовой фазой связано выполнение поздних трещин шамозитом в Центральной зоне Ветренского месторождения, что подчеркивается его оолитовым строением. Характерно, что пневматолиты не несут оруденения.

Предложенная схема рудогенеза связывает несколько явлений: эволюцию гранитоидного расплава и образование поздней магматической фазы, обогащенной летучими компонентами; формирование флюидной массы с грейзенизацией приконтактных частей плутона; транзит флюида от массива во вмещающие породы по проницаемым зонам с формированием гидротермально-метасоматического ряда березиты + скопление углеродистого вещества + аргиллизиты → пневматолиты + гидротермалиты. В последних золоторудная минерализация отвечает нескольким стадиям, сменяющих друг друга в ходе единого этапа рудогенеза Ветренской площади.

Таким образом, данная модель предполагает, что ведущую роль в формировании золотого оруденения отводится магматическому фактору, как рудогенерирующему и рудоматеринскому источнику. Предположительно таким источником для Ветренского месторождения является нескрытый выступ Право-Обинского гранитного массива, фиксирующийся в геофизических полях. Локализация месторождения в надинтрузивной зоне массива и минералогическо-геохимические особенности его руд, на наш взгляд, позволяют отнести его к золото-редкометальной формации.

**Брысин М.П., Третьякова И.Г., Бондаренко Н.В (ФГБУ «ЦНИГРИ»
МОРФОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА САМОРОДНОЙ ПЛАТИНЫ
РОССЫПИ РЕКИ ЯМАН-САДРА**

В данной работе рассматривается платиноносность реки Яман-Садра, которая расположена в северной части Республики Алтай и является правым притоком реки Садра входящей в бассейн реки Лебедь и берет свое начало на северном склоне Малоаталыкского базит-ультрабазитового массива.

Малоаталыкский массив в плане имеет слабо вытянутую в северо-восточном направлении форму с длинной осью равной 5,5 км при максимальной ширине 2 км и представляет собой пластинообразную крутопадающую залежь в подошве которой залегают дуниты и породы близкие к ним по составу, в большинстве своем серпентинизированные. В обнажениях долины реки Яман-Садра известны выходы гранитоидов и в разной степени измененных и минерализованных габброидов, а также серпентизированных гипербазитов.

Основой нашего исследования послужили материалы, предоставленные ОАО «Алтайгеоресурс» из концентратов, полученных при отработке россыпи золота в верховьях р. Яман-Садра выше кл. Полезный.

В предоставленной пробе платина светло-серая, матовая, мелкая, преобладают частицы размером $-0,5+0,25$ мм (~53%), разности крупнее ($-1+0,5$ мм) составляют около 31%. Значительная часть платины отмечается в электромагнитной фракции, в магнитную уходит незначительное количество. Зерна платины представлены преимущественно слабоокатанными кристаллами и сростками кристаллов. Преобладают комбинации граней следующих простых форм: {111} {110} {210}. Сростки кристаллов представлены двумя разновидностями. К первой относятся массивные сростки изометричных частиц, иногда со следами структур роста (штриховка, ступени). Поверхность их гладкая, местами бугорчатая, с единичными отпечатками минералов на ней. Вторая разновидность сростков отмечается только в электромагнитной фракции. К ней относятся сложные сростки кристаллов разного размера, часто с округлыми кристаллическими завершениями. Поверхность их ямчатая, реже ячеистая, иногда выровненная.

Составы проанализированных зерен соответствуют в большинстве своем ряду изоферроплатина – тетраферроплатина. Химический состав зерен неоднороден. На микрофотографиях отчетливо видны каймы тетраферроплатины и туламинита, развивающиеся по зернам изоферроплатины и самородного осмия. Включения в платине представлены феррородситом в матрице изоферроплатины, в ряде зерен отмечаются включения самородного золота. Электронно-зондовым микроанализом в нескольких зернах обнаружены множественные включения $(Pd,Rh)_2(Sb,As)$ состава.

Одной из наиболее интересных фаз платиноидов, зафиксированных нами в россыпях, является интерметаллическое соединение Os-Ir-Ru. Следует отметить, что осмий и иридий обладают четко выраженными сидерофильными свойствами и генетически связаны с изоферроплатиной, имеющей однозначно магматическое происхождение. Рутений, напротив, проявляет, в большей степени, халькофильные свойства, что на наш взгляд могло определить его поведение в ходе геологического развития территории.

Совместное нахождение в россыпях Fe-Pt, соединений Os-Ir и Ru-Os-Ir может свидетельствовать об их сходном магматическом начальном источнике. Стоит отметить, что содержание рутения в них весьма незначительное. Известные в регионе милониты и зеленокаменные толщи по ультрабазитам позволяют предположить, что МПГ совместно с материнской породой

так же подвергались метаморфическому воздействию. Следы этого воздействия достаточно часто фиксируются у зерен Fe-Pt в виде механических деформаций, т.е. по-видимому, изменения затрагивают, как минимум, морфологию выделений. Для соединений состава Os-Ir и Ru-Os-Ir наблюдаются хоть и искаженные, но кристаллические формы, часто несущие следы перекристаллизации.

Исследования составов зерен соследами перекристаллизации показало два типа соединений Os-Ir и Ru-Os-Ir, с переменным содержанием рутения, но достаточно стабильным отношением Os/Ir. На наш взгляд, это объясняется особенностями среды в которой происходила перекристаллизация данных платиноидов, а именно тектоногенез в условиях формирования зеленых сланцев милонитизированных гипербазитов.

При этом процессе:

- для ферроплатины никаких изменений состава не будет, поскольку ее сильные сидерофильные свойства обеспечивают в условиях слабощелочной среды стабильность состава;
- для осмия и иридия, обладающих сидерофильными свойствами и слабой халькофильностью, в определенных условиях возможно частичное растворение, с перекристаллизацией и переносом растворенного вещества, с последующим его переотложением;
- для рутения, с его халькофильными свойствами, возможно растворение с последующим переносом и переотложением;

Таким образом, под воздействием раствора-флюида система Os-Ir освобождается от Ru и некоторой части Os-Ir, оставшаяся часть перекристаллизуется. Данный процесс в условиях зеленокаменного перерождения отвечает реакциям:

1. Раствор-флюид обогащен ионами Cl^- , K^+ , Na^+ среда слабощелочная, водная.

$\text{Os} + 3\text{HCl} = \text{OsCl}_3 + 3\text{H}^+$, щелочное протекание реакции (эксперимент 600°C),

$\text{Ir} + 3\text{HCl} = \text{IrCl}_3 + 3\text{H}^+$, щелочное протекание реакции (эксперимент 500°C),

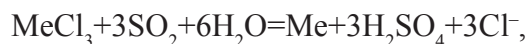
$\text{Ru} + 3\text{HCl} = \text{RuCl}_3 + 3\text{H}^+$, щелочное протекание реакции (эксперимент 300°C).

Как видно из реакций, диапазон температур от 300°C до 500°C способствует очищению системы Ru-Os-Ir от рутения и образования своеобразного рестита Os-Ir, с его перекристаллизацией. Появление H^+ , по-видимому, обеспечивает сохранность платины и не полное растворение осмия и иридия. Температура системы имеет верхнее ограничение в 800°C , так как данные хлориды разлагаются при достижении этой температуры.

2. Мобильные хлориды указанных платиноидов при оттоке на периферию метаморфических образований (зоны разрывов, ядерные части складок) попадают в области более низких температур, где легко восстанавливаются до металла. В настоящее время не совсем ясен механизм, но реакция восстановления может протекать по следующим схемам:



Реакция окислительная, что согласуется с условиями зон разрывов и ядерных частей складок, где наблюдается более низкое давление, чем на их крыльях, а так же имеется свободное пространство для роста кристаллов.



где Me – Ru, Os, Ir. Реакция промежуточная, окислительная. В ходе реакции появляется анион, который фиксируется в слюдистых минералах. Условия, на наш взгляд, согласуются с зонами разрывной тектоники, где часто происходит подток кислорода и окисление сульфидных фаз. Учитывая халькофильность рутения и отчасти осмия, данная реакция является наиболее вероятной для этих элементов.

Будяк А.Е., Тарасова Ю.И., Гареев Б.И. (ФГБУН ИГХ СО РАН)
РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В КОНЦЕНТРАЦИИ И
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Сопоставлялись результаты изучения органического вещества месторождений Красное, Сухой Лог, Голец Высочайший. Содержание валового органического углерода, во всех исследуемых месторождениях, как и в вмещающих их породах хомолхинской и аунакитской свит варьирует в пределах ~ 1,5–4% (max 7%). Отсутствие значимой положительной корреляции золота с валовым содержанием Сорг, опровергает вероятность модели, в которой роль углеродистого вещества вмещающих отложений сводилась бы к восстановлению кислого флюида ювенильной природы и сорбции из него золота.

Битумоиды, как реликты первичного рассеянного углеродистого вещества (РУВ) метаморфизованных сланцев, наследуют геохимический потенциал нефтематеринских толщ докатагенного этапа. Сидеро-халькофильная геохимическая характеристика битумоида неопротерозойских отложений Бодайбинского региона, сформирована на этапе седиментации. Согласно (Немеров и др., 2010), такая геохимическая специализация формировалась под влиянием эксплозивного материала островодужных аппаратов и эксгаллятивной гидротермальной деятельности зоны рассеянного спрединга задугового бассейна.

Идентификация сложных и простых эфирных связей в образцах месторождений Красное и Сухой Лог, указывает на бактериально-планктоногенный источник органического вещества исследуемых толщ. Присутствие в составе битумоидов тяжелых неуглеводородных фракций, подтверждается и присутствием в составе битумоида выделенного из метапелитов этих месторождений, ассоциации элементов N+S+O. Это объясняет присутствие значительного количества азота совместно с CO₂ в изученных флюидных включениях в кварце золоторудных тел месторождения Красное. Соответственно, можно предположить участие углекислоты в рудном процессе, как результат деструкции органического вещества на этапе метаморфических преобразований.

В работе (Fuchs et al., 2015) отмечается способность растворения и переноса металлов в составе нефтей, коррелирующая с увеличением в ее составе фракции асфальтенов и присутствия атомов азота (N). Согласно работе (Sugiyama, 2015), сырая нефть обладает способностью растворять благородные металлы, в концентрации достигающей, от нескольких до двух порядков выше чем в рудообразующих гидротермальных флюидах. Полученные концентрации Au в растворимой составляющей органического вещества хомолхинской и аунакитской свит (>1 г/т) дают основание предполагать возможность транспорта благородных металлов в составе флюида на стадии дорудного катагенного перераспределения вещества.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.Y26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации № 220.

Ванин В.А. (Институт земной коры СО РАН)
ПРОГНОЗ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ
МЕТОДОВ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОЛЕЦ ВЫСОЧАЙШИЙ В
СЕВЕРНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Месторождение Голец Высочайший, располагается в Ленском районе Байкало-Патомского нагорья (Северное Забайкалье), в субширотной зоне региональной складчатости, куда попадает и крупное месторождение Сухой Лог. Месторождение Голец Высочайший локализовано в висячем крыле региональной антиклинальной складки в терригенных отложениях хомолхинской свиты. Согласно данным, полученным при ознакомлении со структурным строением месторождения и его прилегающих территорий, данная складка имеет флексурную форму.

В пределах рассматриваемой территории висячее крыло складки имеет пологое залегание $10\text{--}25^\circ$ и падение на север, северо-восток. Осевая плоскость складки имеет падение на север, северо-восток под углом $15\text{--}20^\circ$. Шарнир складки имеет простирание $\sim 110^\circ$ и субгоризонтальное залегание. Замок складки частично эродирован и осложнен более мелкой складчатостью. Последняя представлена ассиметричными клиновидными, и седловидными складками. В некоторых складках отмечается веерный кливаж осевой плоскости.

Рудные зоны на месторождении представлены сульфидизированными углеродистыми сланцами в составе которых преобладает серицит, кварц, карбонат и содержится некоторое количество хлорита. Сульфиды представлены пиритом и пирротинном. Пирит имеет две генерации. Пирит-1 образует прожилки с кварцем, мощностью до 2 см залегающие субсогласно слоистости. Данные прожилки пирита-1 сформировались вероятнее всего на стадии литогенеза и претерпели последующие надвиговые движения, обусловившие формирование флексурных перегибов в рудных прожилках, пloyчатости и кренуляционного кливажа.

Пирит-2 представлен крупнокристаллическими кубическими зернами, размером до 2 см. Диагонали зерен пирита-2 часто ориентированы по направлению плоскости кренуляционного кливажа, тени давления зерен выполнены кварцем. Данный факт свидетельствует о том, что пирит-2 вероятнее всего, имеет возраст близкий к формированию кренуляционного кливажа (см. ниже).

Пирротин в виде гнезд и прожилков ассоциирует с пиритом-1.

Золото обнаруживается как в пирите-1, так и в ассоциирующим с ним в кварце (Сокерина и др. 2016). В пирите-2 золото пока не обнаружено.

Вмещающая золотое оруденение хомолхинская толща имеет в основном моноклиналиное залегание, послыное сланцеватости. Азимут падения сланцеватости может варьировать в широких пределах – от 355 до 60° с углами падения $5\text{--}25^\circ$, что связано с частными перегибами слоистости. Преобладающие элементы залегания сланцеватости, характеризующие основную структуру месторождения, имеют аз. падения $0\text{--}25^\circ$ и углы падения $10\text{--}25^\circ$. На территории месторождения, и за его пределами, в долине р. Хомолхо отмечается кливаж осевой плоскости (ОП) с аз. падения $10\text{--}20^\circ$ и углами падения $25\text{--}30^\circ$. При детальном геолого-структурном исследовании золоторудных зон, вскрытых в двух карьерах – западном и восточном, установлено, что помимо сланцеватости и кливажа ОП, также отмечается кренуляционный кливаж с аз. падения $10\text{--}20^\circ$ и углами падения $50\text{--}80^\circ$. За пределами золоторудных зон, кренуляционный кливаж не встречается.

На месторождении также интенсивно проявлена пострудная тектоника, выразившаяся в формировании трещин и разломов. В карьере фиксируются две пострудные зоны разломов, западная, с аз. падения 295° и углом падения 55° и восточная, с аз. падения 110° и углом падения 70° . По разломам фиксируется сбросовые кинематические движения.

Для рассматриваемой территории можно предположить следующую модель формирования. На первом этапе ранее накопленная моноклинально залегающая углеродистая толща подверглась продольному сжатию ЮЮ-З ориентировки с формированием складок изгиба и кливажа ОП. На втором этапе сформировался кренуляционный кливаж, участками нечетко проявленный.

Проведенными исследованиями, установлено, что месторождение Голец Высочайший расположено в висячем крыле сложной антиклинальной флексурной складки регионального масштаба с шарниром субширотного простираения. Золоторудные зоны также имеют субширотное простираение и контролируется зонами наложения кливажа ОП и кренуляционного кливажа на послойную сланцеватость.

Приуроченность золоторудных зон месторождения к выявленным структурным ловушкам, выступает в поддержку концепции метаморфогенно-гидротермального рудообразования (Буряк, 1982; Буряк, 1997) при процессах складкообразования. Рудообразование связано с последовательным метаморфическим преобразованием металлоносных углеродистых толщ, результатом которых являются сланцеватость и кливаж. Первично рассеянное золото в породах подвергалось последовательной ремобилизации при каждом этапе метаморфизма и накапливалось до промышленных содержаний в строго определенных зонах - структурных ловушках.

Выявленные зоны наложения кливажа ОП и кренуляционного кливажа на послойную сланцеватость, являются структурными ловушками для ремобилизованного золота из вмещающих пород и могут служить опережающим поисковым признаком при эксплуатационной разведке месторождения. Дальнейшие поисковые работы рекомендуется направить на поиск рудных зон, ориентированных в субширотном направлении (аз. падения 10–200°) с падением на северо-восток под углом 70–800°.

Работа выполнена при поддержке РНФ 18-17-00101.

**Васюков В.Е., Шумилин Д.А., Артемова О.А., Селиванов П.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
ИОННО-СОРБЦИОННОГО МЕТОДА НА МАЛМЫЖСКОМ
ЗОЛОТО-МЕДНОПОРФИРОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Ионно-сорбционный метод литохимического опробования, разработанный в ФГБУ «ЦНИГРИ», уже много лет успешно применяется при поисках полиметаллических объектов, скрытых под слоем рыхлых отложений, в Восточном Забайкалье, Салаирском Кряже и Рудном Алтае. Выявление геохимических аномалий осуществляется путем обработки результатов избирательного извлечения в раствор легкоподвижных форм рудных элементов (С.А. Миляев и др., 2017).

Целью работ, проводимых полевой партией ФГБУ «ЦНИГРИ» в 2018 г. в пределах Малмыжского золото-меднопорфирового месторождения, было испытание ионно-сорбционного метода в ландшафтно-климатических условиях южной части Хабаровского края.

Опытные-методические работы на Малмыжском месторождении проводились в профильном варианте через разведанный участок «Центральный». Протяженность двух профилей составила 2,25 и 2,60 км. Средняя часть каждого профиля длиной около 0,60 км расположена над рудным телом, а начальный и конечный отрезки профилей проложены над флангами, на которых промышленного оруденения не выявлено. Шаг опробования – 50–100 м. Положение профилей выбрано таким образом, чтобы один из них проходил по водоразделу с минимальной – до 3,0 м – мощностью рыхлых отложений, а второй – в нижней части склона с мощностью

рыхлого материала до 20–30 м и более. Из каждой точки наблюдения отбирались пробы с глубины 0,05–0,10 м (гумусовый горизонт A_1), 0,20–0,25 и 0,40 м. Все пробы подвергались ионно-сорбционному анализу, дубликаты проб с глубины 0,40 м так же были отправлены на эмиссионный спектральный анализ по стандартной методике.

В результате выявлено, что наиболее информативным для поисковых целей является почвенно-растительный слой с глубины 5–10 см, а рудное тело лучше всего отражается сглаженным графиком мультипликативного показателя $(Cu \times Mo)/Ag$.

Выяснилось, что при малых мощностях рыхлых отложений (2,0–3,0 м) стандартное литохимическое опробование и ионно-сорбционный метод в целом дублируют друг друга. Но при этом ширина и амплитуда «ионно-сорбционной» аномалии над рудным телом существенно больше, чем аномалии по эмиссионному спектральному анализу.

Преимущества ионно-сорбционного метода особенно проявляются в условиях значительной мощности рыхлых отложений. Если стандартный эмиссионный спектральный анализ проб с глубины 0,40 м позволил выделить одну узкую слабую аномалию, то ионно-сорбционный метод фиксирует широкую интенсивную аномалию над рудным телом, и еще одну аномалию в северо-восточной части профиля над соседним минерализованным штоком, перспективы которого пока не раскрыты.

Таким образом, мы можем рекомендовать применение ионно-сорбционного метода с целью выявления золото-меднопорфировых руд на площадях распространения рыхлых отложений мощностью свыше 15–20 м, где стандартный метод геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния малоэффективен.

**Виленкина Ю.В., Васюта Ю.В., Лоренц Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ
ЗОЛОТОГОРСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЧУКОТКА)**

Золотогорская площадь расположена в перивулканической зоне ОЧВП и приурочена к терригенным углеродсодержащим комплексам Золотогорской складчатой зоны Западно-Корякской системы. На площади локализовано несколько поисковых участков (потенциальных золоторудных полей), наиболее перспективные из которых расположены на южном фланге Холоднинской вулканоструктуры раннемелового возраста. Развита здесь жильно-прожилковая золото-сульфидно-кварцевая минерализация пространственно ассоциирует с малыми интрузиями и дайками андезитового-диоритового и риолитового-гранит-порфирового состава, которые объединены в раннемеловой вольнинский гипабиссальный комплекс. Оруденение размещается как в интрузивных породах, так и в верхнеюрско-нижнемеловых углеродисто-терригенных и вулканогенных отложениях, в разной степени метаморфизованных. Золотая минерализация сопровождается пиритом, арсенопиритом, галенитом, халькопиритом, сфалеритом, блеклой рудой, пирротинном, марказитом, бурнонитом.

Целью термобарогеохимических исследований жильного кварца Золотогорской площади служила апробация комплекса поисковых критериев, разработанных ранее в процессе поисково-оценочных работ на золоторудных месторождениях и проявлениях Центрально-Ичуевемской площади (Чукотка), которую авторы рассматривают в качестве ближайшего объекта-аналога.

Результаты исследований показали, что по всем типоморфным характеристикам золотоносный кварц Золотогорской площади соответствует эталонному объекту. Он отличается

минимальными температурами ($T=210\text{--}225^\circ\text{C}$) и максимальными интенсивностями ($I=100\text{--}600$ у.е.) пика термолюминесценции по сравнению с кварцем дорудной генерации ($T=250\text{--}230^\circ\text{C}$, $I=10\text{--}100$ у.е.). При этом продуктивный кварц содержит повышенные концентрации углекислоты ($\text{CO}_2 > 25$ мл/кг кварца по данным газохроматографического анализа, $\text{CO}_2/\text{CH}_4 > 30$). Соответственно, для оперативного выявления потенциально продуктивных жильно-прожилковых зон и их ранжирования по очередности заверки в обстановках Золотогорской площади может быть использован объективный количественный показатель, вычисляемый по формуле $I/T \times \text{CO}_2$. Для участка Вольный в целом данный показатель равен 65,5, участка Галенитовый – 7,5.

В продуктивном кварце в большом количестве закономерно присутствуют крупные (5–30 мкм) флюидные включения. Первичные включения заполнены относительно разбавленным щелочно-хлоридным раствором (T эвтектики -25°C , T плавления льда $-2,5^\circ\text{C}$, газогидрата $+8 \pm 1^\circ\text{C}$, концентрация солей 4 ± 1 мас.% NaCl-экв.). Раствор содержит значительное количество углекислоты (35 об.% с плотностью $0,7$ г/см³, расчетная доля CO_2 около 15 моль.%). Гомогенизация включений происходит путем растворения углекислоты в воде при $320\text{--}300^\circ\text{C}$. Давление флюида по этим данным составляло не менее 1000 бар, что соответствует глубинам около 4 км от палеоповерхности. Вторичные включения, образование которых может быть связано с отложением продуктивной золото-сульфидной минерализации, имеют то же солевой состав и концентрацию, но гомогенизируются при температурах $245\text{--}225^\circ\text{C}$. Давление и температура кристаллизации золотоносного кварца на Золотогорской площади были существенно выше, чем на золоторудном месторождении Кекура ($T = 290\text{--}230^\circ\text{C}$, $P < 200$ бар, Кряжев и др., 2013).

По наличию крупных флюидных включений продуктивный кварц Золотогорской площади может быть оперативно диагностирован непосредственно в полевых условиях. Эта особенность может быть использована как эффективный критерий предварительной разбраковки генераций кварца при минералогическом картировании.

Витковская Л.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О СОСТОЯНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СЕРЕБРА РФ

Серебро является одним из наиболее распространённых металлов в месторождениях самых разнообразных рудных формаций почти во всех регионах России. Его учтённые запасы размещены на территориях 30 субъектов в семи Федеральных округах. Основные балансовые запасы серебра РФ (93%) сосредоточены в трех ФО: Сибирском, Дальневосточном и Приволжском, доля остальных ФО незначительна.

По состоянию на 01.01.2018 г. балансовые запасы учтены в 460 месторождениях и составляют 131 251,5 т, в т. ч. кат. ABC₁ – 55 843,7 т, забалансовые – 15 545,5 т; в рудах 27 месторождений учтены только забалансовые запасы в количестве 1261,3 т серебра. Кроме того, учтены запасы девяти техногенных месторождений с запасами: кат. ABC₁ 135,9 т, кат. C₂ – 64 т и забалансовые – 88,3 т. По отношению к предыдущему году общие балансовые запасы серебра по РФ увеличились на 8164, 4 т (6,6%).

Минерально-сырьевая база серебра представлена промышленными группами собственно серебряных и комплексных серебросодержащих месторождений, в которых серебро является попутным компонентом и полностью зависит от востребованности основного металла. Незначительная доля запасов серебра учтена в 27 россыпных месторождениях: кат. ABC₁ – 0,5 т, C₂ – 8,6 т и забалансовые – 0,1 т.

Собственно серебряные (22 месторождения) содержат 18,7% балансовых запасов серебра России и составляют 24536,1 т. Они расположены в 5 субъектах Дальневосточного ФО: в Республике Саха (Якутия), Магаданской области, Приморском и Хабаровском краях и Камчатском а. о., на территориях других округов собственно серебряных месторождений нет. Месторождения этой промышленной группы объединяют два промышленных типа (серебряный и золото-серебряный), характеризующиеся высокими содержаниями серебра – от 110 до 1222 г/т. Среди собственных месторождений серебра по балансовым запасам можно выделить: Дукатское (5875,4 т, 9% от РФ) и Гольцовое (1177,6 т, 1,1% от РФ) в Магаданской области и Прогноз (9190,5 т, 7% от РФ) в Республике Саха (Якутия).

Комплексные (438 месторождений) содержат 81,3% от общероссийских балансовых запасов серебра и составляют 106 715,4 т. Они представлены 32 промышленными типами, основными из которых по запасам являются: медноколчеданные (13%), медистые песчаники и сланцы (13%), свинцово-цинковые (12%), сульфидные медно-никелевые (8,5%), полиметаллические (6,6%), золотые (12,9%) и серебряно-золотые (3,8%); содержания серебра в них колеблется от 0,1 г/т до 124 г/т. Доля прочих незначительна и составляет 11,4% от суммы запасов всех промышленных типов.

Среди месторождений этой группы со значительными запасами серебра выделяются: свинцово-цинковое Горевское (3983,1 т) и медно-никелевое Октябрьское (5738,4 т) в Красноярском крае, золотое Трассовое (9322,1 т) в Республике Саха (Якутия), в медистых песчаниках и сланцах Удоканское (17 119 т) в Забайкальском крае и др.

Добыча серебра по РФ за 2017 год составила 2029,9 т, в т. ч. из собственных месторождений – 792 т (39,02% от РФ), из комплексных – 1237,9 т (60,98% от РФ). Наибольшая добыча серебра отмечена в Магаданской области 825 т (40,64% от РФ) и Красноярском крае 226,2 т (11,14% от РФ).

Перспективы развития МСБ серебра в значительной мере подчинены разведке и освоению комплексных месторождений золота, меди и полиметаллов преимущественно на Востоке России.

**Волков А.В., Галямов А.Л., Сидоров А.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЗОЛОТА И ДРУГИХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ**

Арктическая зона России (АЗР) полукольцом охватывает окраину Евразийского континента и многочисленные острова вокруг Северного Ледовитого океана. Литосфера АЗР, сформированная в ходе нескольких суперконтинентальных циклов, включает древние щиты, перекрывающие их позднедокембрийский и палеозойский платформенные чехлы, складчатые орогенные пояса, разделяющие древние платформы, внутриплитные магматические провинции различных эпох от раннего докембрия до кайнозоя и мезозойские вулканогенные. АЗР занимает около 30% территории страны – более 4 млн км².

В российском секторе Арктики выделяются несколько основных геодинамических обстановок формирования крупных месторождений золота:

- а) выступы докембрийского основания, включающие блоки архейских кратонов;
- б) террейны пассивной континентальной окраины;
- в) террейны островодужной активной континентальной окраины;
- г) области коллизионной тектоно-магматической активизации (ТМА).

В 2018–2019 гг., в рамках работы по проекту РФФИ (№ 18-05-70001) была существенно пополнена пространственная базы данных (БД) рудных и экзогенных месторождений благородных, цветных и редких, а также редкоземельных и радиоактивных металлов Арктики.

В итоге БД по Арктике включает информацию о размещении более 26 тысяч объектов – рудных и россыпных месторождений, рудопроявлений, точек минерализации, в том числе в России – более 8 тысяч. Среди объектов благородных металлов (Au, Ag, Pt, Pd) в БД насчитывается около 400 месторождений, в т.ч. 33 крупных. Cu – около 4000 объектов, из них более 350 месторождений, 7 крупных; Pb-Zn – более 1000 объектов, 200 месторождений, в т.ч. 9 крупных. Объектов (Ni, Al, Ti, Sn, Sb, W, Mo) более 3000, среди них около 300 месторождений, 6 крупных. Черные металлы (Fe, Mn, Cr) представлены более, чем 1000 объектов, среди которых – более 200 месторождений, включая 9 крупных. Среди проявлений (около 450) редких металлов (Sc, Y, Zr, РЗЭ и др.) к месторождениям относятся 74 объекта, 3 крупных. Объектов радиоактивных металлов (U, Th) – более 500, включая 47 месторождений.

По данным ГИС анализа, в выступах докембрийского фундамента, терейнах пассивной и активной континентальной окраины размещено практически равное количество рудных объектов (по 30%), а в коллизионной обстановке – 9% от общего количества. Размещение крупных месторождений контролируется ареалами верхней мантии с относительно низкой плотностью и повышенным термальным режимом. Кроме того ряд месторождений золота в крупных изверженных провинциях (LIP) северо-западного отрезка Тихоокеанского рудного пояса локализованы в областях повышенной плотности мантии и пониженного термального режима.

Гис-анализ размещения месторождений в ареалах гранитоидов магнетитовой, ильменитовой и промежуточной серий показывает, что месторождения Au, Ag и Cu, локализованы в ареалах развития мелового магматизма магнетитовой серии, а минерализация Sn, W, Pb и Zn приурочены к ареалам распространения гранитов ильменитовой серии.

Полученные результаты имеют важнейшее значение для прогнозирования новых месторождений.

**Гвоздева И.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Шкурский Б.Б. (МГУ им. М.В. Ломоносова),
Бондаренко Н.В., Селиванов П.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЙ ЗОЛОТА
АНЗАС-КИЗАССКОЙ ПЛОЩАДИ (РЕСПУБЛИКА ХАКАССИЯ)**

Кизасская площадь (Таштыпский район, Респ. Хакасия), расположенная в центральной части Шаманского рудного узла в среднем течении рр. Кизас и Средний Кизас, характеризуется одной из самых высоких в Алтае-Саянской металлогенической провинции россыпной продуктивностью.

Коренное оруденение представлено тремя рудными формациями: золото-кварцевой (кварцево-жильный тип), золото-кварц-сульфидной (кварцево-прожилковый и штокверковый типы, минерализованные зоны), золото-сульфидной (пиритизированные зоны сульфидно-вкрапленного оруденения). Широко развиты метасоматические изменения вмещающих пород: ороговичкование, окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, сульфидизация, эпидотизация.

В ходе проведения ревизионных работ ФГБУ «ЦНИГРИ» из делювиальных отложений были отобраны шлихоминералогические пробы, из тяжелой фракции которых выделены знаки золота. Для золотин характерны кристаллы и сростки, а также гемидиоморфные выделения с отдельными кристаллическими гранями.

Многие грани кристаллов редуцированы, вплоть до их полного отсутствия, от обычного облика кристаллов кубической сингонии отклоняется почти каждый. Характерна комбинационная штриховка, отпечатковый рельеф граней, весьма распространены компромиссные грани. Присутствуют элементы скелетного роста, главным образом, реберного, отчасти вершинного. Наиболее часто присутствующая простая форма - ромбододекаэдр {110}, нередко кубы {100} и октаэдры {111}, в единичном случае отмечен тетрагонтриоктаэдр {211}.

Отмечается, что субидиоморфные формы ограничиваются кубами {100} и их сочетаниями с ромбододекаэдрами {110}, для наиболее полногранных кристаллов свободного роста характерны сочетания кубов {100}, ромбододекаэдров {110} и октаэдров {111}.

Морфология кристаллов золота показывает, что несмотря на наличие свободного пространства, рост индивидов протекал в стесненных условиях. Скелетные формы и наличие кристаллов с пониженной симметрией свидетельствуют о высокой скорости роста в условиях высоких пересыщений. Наиболее полногранные и богатые простыми формами кристаллы формировались, вероятно, в условиях меньших пересыщений и малых градиентов концентрации металла. Для золото-кварц-сульфидного типа оруденения минерализованных зон при их метасоматической проработке характерно образование пустот выщелачивания, наиболее благоприятных для образования кристаллических форм золота, особенно в комбинации {100}+{110}+{111}. Изучение морфологии кристаллов золота при проведении геологоразведочных работ позволяет более точно определять геолого-генетический тип коренных источников.

Говоруха Р.В., Вяльцев А.С. (АО «Полиметалл УК»)

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ В КОМПАНИИ ПОЛИМЕТАЛЛ

В настоящем докладе авторы представляют общую структуру оценки минеральных ресурсов принятую в компании Полиметалл и состоящую из следующих основных пунктов: оценка качества данных и формирование рабочей базы данных, геологическая интерпретация, оконтуривание зоны минерализации, статистический анализ, выбор методики моделирования, подбор оптимальных параметров для оценки, создание модели минерализации, проверка достоверности оценки, классификация, процедура согласования и оценка геологических запасов.

С каждым годом появляется все больше и больше требований к надежности и точности модели минеральных ресурсов. Если раньше достаточно было иметь модель с оцененными содержаниями полезных компонентов и объемным весом, то теперь, для корректного планирования горных работ, модель должна отражать предполагаемые системы разработки месторождений и тем самым прогнозируемую селективность выемки. Неопределенность в моделях должна быть более понятна и даже определена количественно, а также интегрирована в процесс оптимизации горных работ. В кодексе JORC 2012 относительно учёта факторов влияния горных работ сказано: “Необходимо учитывать возможные системы отработки, минимальные размеры выемочных единиц и внутреннее разубоживание при добыче. Учёт вероятных систем отработки является неотъемлемой частью реалистичной оценки возможностей по экономически целесообразному извлечению полезного ископаемого”. Для попытки воспроизвести прогнозируемое фактическое распределение содержаний блоков на месторождении во время проведения добычных работ, в компании Полиметалл используются нелинейные методы оценки. Такие оценки известны как оценки извлекаемых ресурсов. Они позволяют учесть требования кодекса JORC путём создания модели, отражающей изменчивость месторождения в масштабе заданных селективных выемочных единиц. В докладе рассматриваются подходы к моделированию месторождений полезных ископаемых на различных стадиях развития проекта.

Оценка ресурсов представляет собой развивающийся процесс, который проходит регулярные обновления на каждой стадии эксплуатации рудника. С течением времени наблюдается тенденция к увеличению ее сложности и охвату менее масштабных участков по мере того, как удается получить все больше данных и информации о месторождении. Правильность оценки содержаний зависит от каждого принятого решения и каждого параметра, используемого в процессе подсчета ресурсов. Поэтому важно производить проверку достоверности конечной модели, чтобы удостовериться, что оцененные содержания точно отображают исходную информацию. В компании принят список стандартных проверок: визуальная проверка локальных трендов; проверка распределения содержаний вдоль направлений генеральных элементов залегания рудных тел; проверка по глобальному среднему значению и т.д.

Являясь публичной компанией, Полиметалл, помимо подсчета запасов по методике ФБУ ГКЗ, практикует публикацию сведений о минеральных ресурсах и рудных запасов своих активов по стандартам JORC (2012). В настоящем докладе рассматриваются применяемые в компании Полиметалл методики выделения геологических запасов.

**Далимов Р.Т., Курбанов А.А., Есенбаев А.Г., Илешов К.М.
(ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ДОКЕМБРИЙСКОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ПСКЕМСКОГО ХРЕБТА
(СРЕДИННЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)**

Бештор-Тундукский интрузив, входит в состав пскемского гранит-адамеллитового комплекса в плане имеет резко удлинённую в северо-восточном направлении форму. Длина его, на современном эрозионном срезе составляет около 38 км, что при ширине 6–7 км составляет площадь около 256 км². Контуры массива выделяются налеганием в юго-восточной части на эродированную его поверхность отложений нижнего палеозоя. Северная и северо-западная часть ограничивается крупным Бешторским надвигом.

Геологический возраст гранитоидов, слагающих интрузив, определен, как докембрийский по залеганию на его размытой поверхности, в районе рудопроявления Водораздельное и верховье р. Чиролма осадочно-вулканогенных образований нижнесандалашской подсвиты, датируемой И.Д. Доронкиным по находкам граптолитов как средний кембрий–ранний ордовик. Абсолютный возраст интрузива определен по плагиогранитам и их пегматитам уран-свинцовым методом по циркону (859 ± 22 млн. лет), и интерпретируется как верхне-рифейский (Ахунджанов, 2008). В пределах Бештор-Тундукского массива наиболее распространенными являются дайки долеритов, диабазов, лампрофиров (керсантиты, мончикиты, кампто-мончикиты). Они образуют дайковый пояс северо-восточного простирания с крутыми углами падения. Дайки рассекают гранитоиды интрузива, кварцево-жильные зоны, и не проходят в осадочные образования нижнего палеозоя. Абсолютный возраст этих даек по данным С.С. Сайдыганиева составляет 672 ± 18 млн. лет, что указывает на наличие временного разрыва между формированием плагиогранитов интрузивного массива и даек, равного 300 млн. лет. В этот промежуток времени согласно геологическим данным, происходило рудоотложение и формирование рудопроявлений.

В результате тектонических и гидротермальных процессов значительный объем гранитоидов претерпел катаклаз и другие изменения в структурах и минеральном составе. Вторичные брекчиевидные структуры замещения часто полностью замещают первичные. В районе рудопроявления Водораздельное интенсивное развитие мусковитизации свидетельствует о развитии грейзенов в начальной стадии.

Анализ геологических и геохимических данных, позволяет в истории геологического развития, достоверно выделить рифейский этап рудообразования. Рудолокализирующими тектоническими структурами в этот период были древние зоны трещиноватости субмеридионального направления, рассекающие рифейские граниты. Наиболее крупной зоной, расположенной в пределах Бешторского участка является зона Рудного разлома. Активные метасоматические процессы создали проявления золота Водораздельное, Березовое. На их площади наблюдается как площадное, так и прожилковое окварцевание. Площадному окварцеванию подверглась большая часть плагиогранитов, прожилковое приурочено, в основном, к зонам нарушений.

Проявлением этих тектонических нарушений являются, развитые на рудопроявлении Водораздельное две крутопадающие тектонические зоны повышенной трещиноватости. Мощность зон достигает 25 м. Первая зона прослеживается в северо-западной части рудопроявлений, на протяжении около 500 м в гранитах. В юго-западной части рудопроявления Водораздельное, располагается вторая тектоническая зона мощностью 10–12 м, и фиксируется в гранитах ориентированной трещиноватостью и расщеливанием, протяженностью 400–500 м.

В обоих рудопроявлениях система трещиноватости заполнена маломощными (до 0,3 м), кварцевыми жилами и прожилками с вкрапленностью и реже гнездообразными скоплениями пирита, галенита, халькопирита, блеклой руды и самородного золота. Рудные минералы в прожилках распределены весьма неравномерно, в виде убогой вкрапленности. Часто в кварце отмечаются пустоты выщелачивания с образованием характерных «сухаревидных» текстур кварца. Прожилки по простиранию часто выклиниваются. Протяженность отдельных прожилков достигает 0,5–0,8 м.

Дамдинов Б.Б. (ФГБУН ГИН СО РАН)
ПЛУТОНОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА:
МИНЕРАЛЬНЫЕ ТИПЫ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ

В юго-восточной части Восточного Саяна известно большое количество золоторудных объектов, где наибольшую промышленную значимость имеют золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые орогенные месторождения (Зун-Холбинское, Барун-Холбинское, Владимирское и др.). В металлогеническом отношении, регион выделяется в качестве Окинского рудного района (Гордиенко и др., 2016). В то же время, известны многочисленные рудопроявления и мелкие месторождения золота, пространственно ассоциирующие с гранитоидными телами. Минералого-геохимические, изотопные характеристики руд, а также геохронологические данные свидетельствуют о генетической связи золотого оруденения с материнскими гранитоидами, что позволяет отнести указанные объекты к группе плутоногенно-гидротермальных (intrusion-related) месторождений золота.

Промышленный потенциал этих объектов недооценен, вследствие недостаточной геологической изученности, в особенности на глубину. Рудные тела всех изученных плутоногенно-гидротермальных месторождений и проявлений золота, представлены линейными кварцевожильными зонами, по которым ранее и проводились оценки ресурсов и запасов. Однако в большинстве случаев, наряду с жильными, встречаются участки штокверковой (прожилковой) и сульфидно-вкрапленной минерализации, объемные параметры которых зачастую не установлены.

На основании изучения минерального и химического состава руд, среди месторождений, ассоциирующих с гранитоидами, выделено четыре минеральных типа: золото-теллуридный, золото-висмут-сульфосольный, золото-тетрадимитовый и золото-антимонитовый. Такое

разделение основано на минеральном составе наиболее продуктивных золотоносных минеральных ассоциаций, отражающих и особенности химического состава руд, поскольку по другим критериям типизация этих объектов затруднительна.

Формирование разных типов оруденения связано с происхождением рудоматеринских гранитоидов. Установлено, что островодужные гранитоиды, сформированные в условиях энсиматической островной дуги генерируют золото-теллуридный тип оруденения. Источником золота и сопутствующих компонентов являются мантийные породы, в данном случае это субдуцирующая океаническая кора и, возможно, мантийный клин. Гранитоиды, сформированные в обстановке активной континентальной окраины андийского типа продуцируют золото-тетрадимитовый и золото-антимонитовый типы оруденения, где в составе руд золотоносных ассоциаций преобладают минералы, содержащие такие элементы как As, Sb, Bi, Te и Hg, что, наряду с изотопно-геохимическими данными свидетельствует о смешанном мантийно-коровом источнике вещества, в составе которого участвуют как субдуцированные фрагменты океанической коры, так и плавящаяся континентальная кора, сквозь которую просачиваются гранитоидные расплавы и флюиды. Золото-висмут-сульфосольный тип оруденения характеризуется ведущей ролью таких рудообразующих элементов (и минералов их содержащих) как Bi, Pb и As, при крайне низких концентрациях «мантийных» элементов – Hg, Te. Рудогенерирующими в этом случае являются коллизионные гранитоиды, что подтверждает коровую природу рудообразующих компонентов.

На основе изотопного датирования рудогенерирующих гранитоидов выделяется два возрастных этапа рудообразования – неопротерозойский (около 850 млн. лет) и раннепалеозойский (около 500 млн. лет), соответствующие периодам существования активных окраин Тувино-Монгольского микроконтинента и последующего раннепалеозойского орогенеза.

**Двуреченская С.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Туаев О.П. (АО «Росгеология»)
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-КВАРЦ-СУЛЬФИДНОГО
ОРУДЕНЕНИЯ КАКАДУР-ЛАМАРДОНСКОЙ ЗОНЫ
(РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ)**

Какадур-Ламардонская рудная зона входит в состав Афсандур-Ламардонского рудного поля, которое занимает центральную часть Дагом-Терского рудного района Фиагдон-Терской металлогенической подзоны. Оруденение большей частью размещается в центральной части Гачинского грабен-синклинального прогиба, выполненного мощной толщей (до 650–700 м) углеродистых терригенно-флишоидных отложений тоар-ааленского возраста и осложнённого пликативными и разрывными нарушениями высоких порядков. Золото-кварц-сульфидная минерализация образует линейные штокверки, в осевых частях которых локализованы зоны окварцевания и четкообразные жилы средне-крупнозернистого шестовато-гребенчатого кварца, содержащего гнездово-вкрапленные выделения сульфидов размерами до 3–5 см. Среднее содержание сульфидов $2,5 \pm 1$ мас. %.

Представительные пробы для минералогических исследований были отобраны в полотно канав из всех рудных пересечений, а также из керна скважин. Исследования включали: изготовление и изучение аншлифов; дробление образцов до класса -0.5 мм, выделение тяжелой (сульфидный концентрат) и сверхтяжелой (свободное самородное золото) фракций в бромформе; минераграфические исследования золото-сульфидных концентратов в монтированных аншлифах. Минеральный состав руд изучен на поляризационном микроскопе с максимальным увеличением 1000×.

Установлено, что главными рудными минералами служат арсенопирит и пирит, в сумме составляющие около 80–90% сульфидов. К второстепенным относятся сфалерит и галенит (в сумме до 20%), распространенной примесью является халькопирит.

Арсенопирит образует таблитчатые, ромбовидные кристаллы, их сростки, а также выделения неправильной формы. Как правило, минерал содержит многочисленные реликты вмещающих терригенных пород и разбит микротрещинами. Очевидно, существенная доля арсенопирита образовалась метасоматическим путем до формирования жильного кварца. Повышенное количество арсенопирита установлено в наиболее золотоносных интервалах, за пределами рудных зон арсенопирит отсутствует. Пирит в виде кристаллов неправильной формы и крупноблочных выделений встречается как отдельно, так и в тесных сростаниях с арсенопиритом. Слабая анизотропия пирита указывает на высокое содержание As в минерале. Сфалерит и галенит образуют в арсенопирите и пирите мелкие включения, а также относительно крупные ксеноморфные выделения неправильной формы. Сфалерит часто содержит эмульсионную вкрапленность халькопирита. Степень окисления сульфидов слабая.

Во всех аншлифах и концентратах микроскопически видимое (> 0.001 мм) самородное золото отсутствует. Следовательно, благородный металл находится в форме субмикроскопической примеси в арсенопирите и мышьяковистом пирите. Серебро преимущественно находится в форме тонкодисперсной примеси в галените.

Полученные новые минералогические данные свидетельствуют о принадлежности изученного оруденения к золото-мышьяковисто-полиметаллическому рудноформационному типу с «упорным» золотом. Отмеченные взаимоотношения указывают на следующую последовательность рудоотложения: арсенопирит→пирит→халькопирит→сфалерит→галенит. Минералообразование протекало на фоне внутрирудных тектонических подвижек, что послужило причиной пространственного разобщения областей накопления каждого минерала. Можно выделить две последовательно сформированные ассоциации сульфидов: золото-мышьяковистую пирит-арсенопиритовую и серебро-полиметаллическую. Закономерное присутствие реликтов углеродисто-терригенных пород в метакристаллах арсенопирита из кварцевых жил указывает на вероятное существование в рудном поле «дожилых» зон золото-сульфидно-вкрапленного оруденения.

Дементеев Л.И., Головки А.В. (ГП «Центральная ГГЭ», Узбекистан)
КОМПЛЕКСНОЕ ГИДРОГЕННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ УЧАСТКА БАБАТАГ
(ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

Участок Бабатаг расположен в юго-восточной части Юго-западных отрогов Гиссарского хребта в Сурхандарьинской области. В геологическом отношении для участка Бабатаг в целом характерен набор мезозойско-кайнозойских свит и комплексов.

Участок долгое время представлял практический интерес, как содержащий горизонт с медно-серебряным оруденением в отложениях нижнемеловой кызылташской свиты (K_1/kz). По результатам общих поисков, проведенных ранее, было установлено, что рудные тела приурочены к пластам сероцветных песчаников. Оруденение выражено вкрапленностью и прожилками малахита, редко азурита, халькозина, пирита, халькопирита. Для большинства участков оруденения характерно наличие углефицированных палефитологических остатков, как в виде отпечатков плохой сохранности по плоскостям наслоения, так и в виде включений их реликтов в самой породе. Морфология рудных тел линзовидная, субсогласная с наслоением. Оруденение прерывисто, но локализовано в устойчивых минерализованных зонах стратиформного

типа. По трем пластам выделено 8 рудных тел, протяженностью 150–420 м, мощностью 0,83–3,8 м. Средние содержания по рудным пластам: Cu – 0,8–1,54%, Ag – 10,6–79,9 г/т, в южной части участка при мощности оруденения 1,22–2,9 м средние составляют: Cu – 1,04–3,04%, Ag – 12,6–282,2 г/т, максимальные: Cu=13,2%, Ag=1089,0г/т.

В медистых песчаниках также установлены повышенные содержания молибдена, золота, платины, кобальта.

Кроме того, на участке на разных стратиграфических уровнях известны проявления полиметаллов (в песчаниках нижнемеловой окузбулакской свиты), самородной серы (в верхнеюрской гаурдакской свите и в бухарских слоях палеогена), фосфоритов (убогая минерализация в ракушнях коньякского яруса верхнего мела и промышленные содержания в известковистых песчаниках алайских слоев палеогена), горючих сланцев (в сузакских слоях палеогена) и различных строительных материалов.

В последние годы на всем протяжении участка Бабатаг в основании нижнемеловой карабильской свиты (K1kr) нами установлен, изучен и опробован горизонт золотоносных конкреций. Во всех пробах из конкреций по данным золотометрического анализа установлено высокое содержание золота (>1 г/т). Среднее содержание по 33 пробам по данным пробирного анализа – 4,65 г/т. Также установлены: высокие значения (до 4,19%) ванадия рентгено-флюоресцентным и атомно-эмиссионным анализами; повышенные содержания меди (до 0,59%) химическим и атомно-эмиссионным; повышенные содержания Ta, Nb, Te, U, Yb, Zr, Pr – атомно-эмиссионным анализом.

Главным рудоконтролирующим фактором на участке Бабатаг является его сложное структурное строение. Серия чешуйчатых взбросо-надвигов обособлены в единую линию Бабатагского взбросо-надвига. Рудные растворы, из которых выделялись полезные компоненты под воздействием восстановителей – битумов нефтяного происхождения, приурочены к трещинам, сдвигам, взбросо-надвигам, надвигам. За счет этого продуктивные горизонты золотоносных конкреций и медистых песчаников на участке вскрываются на двух уровнях – нижнем и верхнем. Особенно благоприятная позиция установлена по руч. Духана, где сдвоенные продуктивные горизонты сближены.

В центральной части участка нами отобрана малообъемная технологическая проба и проведены технологические испытания с применением нетрадиционной методики: для количественного определения золота использован термохимический метод. Предварительно, с учетом глинистого состава пород, пробы растворялись. Получены хорошие результаты.

Установленные горизонты золотоносных конкреций позволят уже в ближайшем будущем проводить отработку участка открытым способом.

Диваев Ф.К., Мамиров Б.Р., Хажибаев П.Б., Далимов Н.Р.
(ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
КОМПЛЕКСНЫЕ ПОИСКИ ГЛУБОКОПЕРЕКРЫТОГО
ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ВОСТОЧНОМ ФЛАНГЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАРМИТАН
(ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

Обнаженная часть территории Узбекистана довольно хорошо изучена съемочными и поисковыми работами масштаба 1:50 000 и 1:25 000, а на рудных полях и более крупномасштабными работами, что позволило открыть ряд крупных месторождений, составляющих основу современной минерально-сырьевой базы Республики.

При такой детальности изучения обнаружить новые, слабо перекрытые крупные и средние по масштабам рудные месторождения уже практически невозможно, поэтому перед геологами республики в настоящее время стоит сложная задача по прогнозированию и открытию месторождений нового, более сложного типа – погребённых и «слепых».

Методика подобных работ заключается в предварительном выявлении участков, благоприятных, с геодинамических позиций, для рудоотложения, тщательного анализа результатов проведенных на этой площади геолого-поисковых работ (шлиховых, геохимических, геофизических, горнопроходческих, космогеологических) и, при наличии совпадения аномальных полей соответствующего профиля на исследуемом участке, он рекомендуется для проведения поисковых работ более крупного масштаба с максимально возможным применением дистанционных методов (космогеологических, геофизических, геохимических) с использованием современного оборудования.

Восточный фланг крупного золоторудного месторождения Чармитан долгое время считался бесперспективным на золотое оруденение, т.к. значимых литохимических аномалий золота здесь обнаружено не было, а в единичных обнажающихся кварцевых жилах и прожилках содержания золота составляли первые десятые доли грамма на тонну. Но после тщательного изучения в 2015 г. результатов ранее проведенных здесь работ (геологосъемочных, геофизических, геохимических, космогеологических), выявилось совпадение на нём геологических позиций, а также аномалий электроразведки и благоприятных позиций по данным космогеологических исследований.

После этого на этом участке была проведена повторная литохимическая съёмка (как по первичным, так и по вторичным ореолам рассеяния) по сети 100×20 м. Отобранные пробы анализировались традиционными методами просыпки и испарения. По полученным результатам были построены поэлементные и мультипликативные карты геохимических аномалий, наиболее контрастными из которых оказались аномалии Sb, As, Ba, Ag и Li, т.е. тех элементов, которые являются характерными для удалённо-надрудных частей в обобщённом ряду геохимической вертикальной зональности сульфидных гидротермальных месторождений. По величине частно-мультипликативного геохимического коэффициента осевой (вертикальной зональности (КЗ)), рассчитанного на месторождении Чармитан, была определена приблизительная глубина залегания, предполагаемого оруденения на смежной восточной перекрытой территории равная 300–350 м. Данный прогноз подкрепляется совпадением установленных геохимических аномалий с выделенными ранее аномалиями ВП и участками максимальной схожести с эталоном месторождения Чармитан, выделенными по данным дешифрирования космических снимков. Совместив выделенные аномалии с картой ландшафтов, и с учетом предполагаемого склонения рудных тел, нами были выделены наиболее благоприятные места для заложения буровых скважин, которые могут достичь участков предполагаемой рудной минерализации. Результаты работ переданы в геологоразведочную экспедицию для их заверки горнопроходческими работами в 2019 г.

Проведенная работа является по сути первым в Узбекистане опытом прогнозирования глубоко залегающего золотого оруденения с применением комплекса геохимических, геофизических и космогеологических методов и, в случае успешной заверки данного прогноза горнопроходческими работами, этот опыт может быть рекомендован для широкого практического применения.

**Дьячков Б.А., Мизерная М.А., Кузьмина О.Н., Зимановская Н.А.,
(Восточно-Казахстанский государственный технический университет),
Мирошникова А.П. (филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет»)
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКА
ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

В настоящее время на мировом уровне наметилась общая тенденция истощения минеральных ресурсов. Особенно остро эта проблема актуальна для действующих горно-металлургических предприятий Восточного Казахстана. Обстановка диктует необходимость открытия новых месторождений цветных, благородных, редких металлов, редких земель, и других полезных ископаемых. Задача фундаментального плана заключается в разработке новых технологий глубинного геологического прогноза и поиска рудных месторождений.

По геотектоническому районированию территория входит в состав Центрально-Азиатского подвижного пояса и объединяет геологические структуры Рудного Алтая, калбы и др.

В фанерозойской истории общая геоструктура Большого Алтая (БА образовалась в герцинский цикл в процессе коллизии и срачивания микроконтинентов и малых массивов. Палеометаллогенический анализ показывает, что интенсивность процессов рудообразования происходила только в специфических геодинамических режимах и обстановках. В раннюю стадию герцинид (D_1-C_1) в Рудном Алтае максимальная вспышка оруденения произошла в рифтогенной обстановке (D_1e-D_3fr) с образованием крупных и уникальных золото-медно-полиметаллических и медно-колчеданных месторождений (Зыряновское, Малеевское, Риддер-Сокольное, Орловское и др.). Модель рудообразования отражает генетическую связь вулканогенно-осадочных и гидротермально-метасоматических руд (Cu, Pb, Zn, Au, Ag и др.) с группой базальт-андезит-риолитовых формаций. В среднюю стадию герцинского цикла (C_1-C_3) геологические структуры БА развивались в коллизионной геодинамической обстановке с формированием Зайсанской сутуры - рудоконцентрирующей структуры для золотого оруденения (уникальное месторождение Бакырчик. В киммерийский цикл (T_2-Pg_2) в условиях континентального рифтогенеза накопились остаточные золотоносные коры выветривания. В альпийский цикл в неоген-четвертичное время накопились россыпи золота, ильменита, касситерита, монацита и других минералов.

В контроле золотого оруденения важное значение придается системе диагональных глубинных разломов, активно проявленных в стадию герцинской коллизии (Чарско-Горностаевский, Байгузин-Булакский, Западно-Калбинский, Теректинский). Установлена пространственная приуроченность золоторудных объектов к определенным геохронологическим уровням: 1) раннегерцинский островодужный ($D_3fm-C_1v_{2-3}$), представленный вулcano-карбонатно-терригенными отложениями аркалыкской свиты (C_1v_{2-3}) в междугловых прогибах (объекты Суздальский, Мираж, Жайма, и др.); 2) предколлизионный серпуховский уровень (C_1s) благоприятный для локализации месторождений золото-кварцевого типа (Кулуджун, Джумба, Сенташ, Казан-Чункур и др.); 3) среднегерцинский коллизионный (C_2-C_3), объединяющий молассовые лимнические отложения благоприятные для формирования крупных месторождений черносланцевого типа (Бакырчик, Большевик, Глубокий Лог и др.). По геолого-генетическому моделированию на известных рудных полях и месторождениях по геолого-геофизическим данным прогнозируются скрытые гранитоидные массивы (Бакырчик, Суздальское, Кулуджун, Джумба и др. Установлены закономерные пространственно-генетические связи золотого оруденения с малыми интрузиями и дайками кунушского комплекса C_3 среди которых наиболее рудоносными представляются интрузивные образования плагиогранитной известково-щелочной серии.

Разработана гидротермально-метасоматическая модель формирования нетрадиционного апокарбонатного (джаспероидного) типа золоторудных месторождений. На основе детального исследования вещественного состава вмещающих пород и руд с использованием высокоточных методов электронной микроскопии выявлены типоморфные минералы (пирит, арсенопирит, гидроокислы железа, антимонит и др.) и геохимические элементы – индикаторы рудообразования (Cu, Pb, Zn, Mn, As, Ag, Au и др.) для ведущих геолого-промышленных типов золоторудных месторождений.

Рекомендуются следующие перспективные площади. Семипалатинская площадь, где прогнозируется продолжение Мукурской и Мираж-Суздальской золоторудных зон. Ожидается обнаружение золото-сульфидного прожилково-вкрапленного оруденения (суздальского типа), золотоносных кор выветривания (жананского и мукурского типов). Ново-Шульбинская площадь выделяется южнее Семипалатинска, в районе субширотного изгиба долины р. Иртыша. Обоснованием для прогнозирования по ряду критериев является близость ее геолого-структурной позиции к месторождению Бақырчик. Северо-Зайсанская площадь прогнозируется на юго-восточном фланге золоторудного пояса потенциально перспективна на выявление скрытых и погребенных месторождений золота кварцево-жильного и золото-сульфидного типов, в корях выветривания и золото-россыпных. Поисковые работы на золото прогнозируются для оценки перспектив конкретных более детальных участков. Методика их проведения направлена на выявление определенных геолого-промышленных типов месторождений (суздальский, кулуджунский, бақырчиксий и другие) на основе разработанных прогнозно-поисковых критериев. В итоге исследований с новых теоретических позиций глобального мобилизма уточнены закономерности формирования и критерии прогнозирования золотоносных структур и месторождений в качестве научной основы для постановки дальнейших прогнозно-поисковых работ.

Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Рустамжонов Р.Р., Холиеров А.Т.
(ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА (Cu, Au, Mo)

Материал проведенных многолетних исследований в рудном поле Алмалыка дает возможность создать ряд частных моделей, раскрывающих главные особенности пространственно абстрагированного, но геометризованного медно-порфирового объекта – морфоструктурные, петролого-петрографические, минералогические, геохимические и др. В совокупности они представляют интегрально-комбинационную модель месторождения. Обобщение итогов проведенных исследований и анализ предшествующих работ позволяет сделать следующие выводы:

1. Разработка моделей месторождений медно-порфировой формации проведена на основе детального комплексного изучения рудно-магматической системы Алмалыкского рудного района, основные геологические элементы которой изучались около девяноста лет.

2. Эталонность медно-порфировых объектов Алмалыка определяется полнотой изученности структуры района, литологии вмещающих пород, комплекса малых порфировых интрузий, вещественного состава руд, типов и зональности метасоматитов, геохимических, геофизических и других характерных особенностей.

3. Интегральная модель медно-порфирового месторождения, разработанная на примере Алмалыкского района, объединяет следующие рабочие, частные модели: модель рудоносных порфировых интрузивов, морфоструктурные модели рудно-магматической системы, модели рудно-метасоматической зональности, генетические модели медно-порфировой формации.

На основе структурно-геометрических моделей выявлены следующие характерные морфологические особенности медно-рудных штокверков и штоков кварцевых монцонит-порфиров: для всех месторождений установлено единое внутреннее строение рудных штокверков, образующих серии концентрически-зональных последовательно вложенных одно в другое подобных тел с убывающими от ядра концентрациями меди; морфология рудных штокверков определяется наличием и интенсивностью развития в кровле штока рудолокализирующих, часто овално-параболических и других отрицательных структур – ям, впадин, желобов.

Основу предложенной морфологической классификации медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района составляет последовательная математическая аппроксимация макетов форм рудных тел и порфировых интрузивов. Объекты Алмалыкского рудного поля относятся к конформному типу месторождений, а объекты Саукбулакского рудного поля – к дисконформному. Первый тип представлен изометричными сплюснутыми трех – или двучисленными эллипсоидами. В нем выделяется четыре подтипа, различающихся по степени контроля рудных тел штоком и деталям строения. Второй тип представлен удлиненными, значительно сжатыми по вертикали эллипсоидами или параболическими сегментами.

Для объектов Алмалыкского типа характерны изометричные или слабоудлиненные штокверки, ассоциированные с интрузивами, обрамленными в верхах сериями субвертикальных дайкообразных тел. Локализованы ядерные медно-рудные тела данного типа в отрицательных структурах кровли штока, как правило незначительно проникая в него, однако в случае Карабулака ядерные тела «зависают» над штоком, смещаясь в надинтрузивную зону. Чехол бедных руд концентрически обволакивает ядерные медные руды, сглаживая их очертания, заполняет неровности кровли монцонитоидной интрузии.

Для месторождений Саукбулакского типа характерны изометричные штоки с резко уплощенной кровлей, с которыми ассоциированы сплюснутые, почти пластообразные штокверки. Последние заполняют отрицательные структуры в апикальной части штоков, существенно проникая в интрузив по вертикали.

Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Рустамжонов Р.Р., Холиеров А.Т.
(ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
КЫЗЫЛАЛМАСАЙ

Месторождение находится на территории Ахангаранского района Ташкентской области, в 70 км от г. Ташкента и в 10 км от г. Ангрена.

Кызылалмасайское рудное поле приурочено к восточному флангу Шаваз-Дукентского вулканотектонического грабена. На востоке структура прерывается Бабайтаудорским субвулканическим куполом, сложенным пермскими риолитами и гранит-порфирами.

На основе составленной прогнозно-поисковой модели, преимущественно в границах участка Центральный, определены структурно-вещественные признаки золотого оруденения в границах его латеральной и объемной (3D) зональности, что позволило установить:

1) строение метасоматической колонки в вертикальном разрезе (500 м) с выделением фаций: внешних – пропилитов и пропилитберезитов, промежуточных – кварц-светлослюдистых пород и внутренних – кварц-гидрослюдистых и монокварцевых; метасоматиты внутренних зон несут основную часть кварц-золоторудных залежей, прожилков и жил;

2) преобладание по площади развития кварц-пирит-халькопиритовой ассоциации над кварц-пирит-полиметаллической и кварц-пирит золоторудной; при этом ассоциация,

содержащая полиметаллы, занимает преимущественно ядерные части сульфидных концентров, а халькопиритсодержащая - периферийные; основная золотонесущая ассоциация накладывается на обе парагенные с ней с максимальной концентрацией золота в сульфидах свинца и цинка;

3) совпадение в пространстве концентров сульфидов и свободного (видимого) золота, разобщение концентров видимого золота с участками, обогащенными шеелитом и молибденитом;

4) накапливание золота и серебра в пиритах с возрастанием отношений от меньше единицы до 2,8 к наиболее глубоким уровням среза рудно-метасоматических зон, а в поперечном их сечении – максимальной концентрацией золота в пиритах и халькопиритах центральных частей с градиентом снижения к периферии;

5) снижение градиента концентраций элементов в пиритах на расстоянии 20 м достигает последовательно: 3-х порядков (сурьма), 2,5 (золото) и 1,5 (серебро); у висмута, мышьяка, свинца, цинка, меди снижением концентраций можно практически пренебречь;

6) рост содержаний золота в пиритах и халькопиритах в протяженных (сотни метров) продольных сечениях рудных зон от северо-западного до восточного фланга месторождения Кызылалмасай при постоянном золото-серебряном отношении (меньше единицы) в пиритах;

7) трассирование только высокомеденосными (халькопиритсодержащими) кварцами промышленных золоторудных зон в продольном сечении на десятки метров при их замыкании (в отсутствии других сульфидов);

8) поисково-индикаторное значение только аномалий золота, серебра и висмута как прямых признаков золотого оруденения в поверхностных сечениях участков Центральный и Самарчук при отсутствии этих качеств у других изученных элементов;

9) устойчивое усиление с глубиной корреляционной связи меди с золотом, серебром и висмутом, а с золотом и серебром в рудно-метасоматических зонах в направлении от северо-западного к восточному флангу;

Представленная прогнозно-поисковая геохимическая модель участка Центральный месторождения Кызылалмасай позволила провести разбраковку с поверхности геохимических аномалий, помогла оценить состав, размах и степень продуктивности золоторудной формации при изучении флангов и глубоких горизонтов месторождения.

Жумадилова Д.В., Прокопьев И.Р. (ИГМ СО РАН, НГУ), Дорошкевич А.Г. (ИГМ, ГИН СО РАН, ТГУ), Кравченко А.А. (ИГАБМ СО РАН, СВФУ им. М.К. Аммосова),

Кардаш Е.А. (АО «Якутскгеология»)

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВЕРХНЕ-АМГИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ, ЯКУТИЯ)

Алдано-Становой щит является уникальным мегаблоком земной коры, который характеризуется специфическим геологическим строением и богатейшей золотоносностью. Основной объем рудного золота Алдано-Станового щита сосредоточен в многочисленных месторождениях и рудопроявлениях, сформированных на этапе мезозойской тектоно-магматической активизации. Одним из слабоизученных и перспективным в прогнозном плане поиска коренного золотого оруденения является Верхне-Амгинский рудный район, расположенный в северо-западной части Алдано-Станового щита. В 2012–2013 гг. работами геологов АО «Якутскгеология» в Верхне-Амгинском районе были выявлены линейные и площадные геохимические аномалии золота, которые приурочены к щелочному сиенитовому магматизму мезозойского

возраста. Золотое оруденение по структурно-морфологическим признакам и минералогическим характеристикам сопоставимо с куранахским и лебединским геолого-промышленными типами Центрально-Алданского рудного района.

Верхне-Амгинский мезозойский щелочной массив располагается в Амгинской зоне тектонического меланжа, которая является границей между Центрально- и Западно-Алданскими составными террейнами. Амгинская зона на современном эрозионном срезе представлена серией сближенных субмеридиональных разломов северо-восточного простирания. В структурном плане золотоносный район состоит из трех геоструктур: нижнедокембрийский фундамент, венд-нижнедокембрийский осадочный чехол и мезозойские участки активизации. Геологическое строение Верхне-Амгинского массива представлено штоками щелочных сиенитов и гранитов, монцонитов (до 25 км² в плане), а также силлами и дайками лампрофиров (минетт) (протяженностью до 2 км и мощностью первые метры–десятки метров). Возраст кристаллизации щелочных пород Верхне-Амгинского массива составляет интервал 117,7–134,9 млн. лет (Ar-Ar, U-Pb SHRIMP II). Рудная минерализация кварц-хлорит-полевошпатовых метасоматитов по сиенитам представлена сульфидами: пиритом, халькопиритом, борнитом, ковеллином, галенитом, сфалеритом, буланжеритом и др., а также золото-теллуридной ассоциацией: алтаит, гессит, петцит и самородным золотом (998–1000‰).

В состав Верхнеамгинского золотоносного района входят Хатырхайское и Хохойское рудные поля. При заверке аномалий выявлены зоны сульфидизированных пород с промышленным содержанием золота от 0,6 до 100,0 г/т (Хатырхай). Наиболее высокое содержание золота установлено в пробах, отобранных вблизи сиенитового массива. Размер свободного золота от долей до 1,0 мм. В бассейне верхнего течения руч. Хохой геологами исследовано одноименное рудопоявление, установлена зона с золотым оруденением протяженностью 10 км. Выделены участки протяженностью от 1000 до 1500 м и мощностью от 300–500 до 1000 м с повышенным содержанием золота, в штучных пробах от 0,51 до 7,0 г/т. Оруденение локализовано в отложениях платформенного чехла. Оперативная прогнозная оценка ресурсов рудного золота Верхне-Амгинского района оценивается в несколько сотен тонн. Золоторудная минерализация локализована в приконтактных участках интрузий сиенитов и лампрофиров – в зонах контактового метасоматоза пород, что может быть использовано в качестве критериев поиска коренного золотого оруденения в Верхне-Амгинском рудном районе Алдано-Станового щита.

Исследования выполнены за счет гранта РФФИ № 18-45-140002, геохронологические данные получены в рамках базового проекта НИР ИГМ СО РАН № 0330-2016-0002.

**Захаров И.О., Видавский В.В., Самойленко М.В., Нигмаджанов Т.И.,
Бондаренко Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ
ВЕТРЕНСКОЕ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО ДАННЫМ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ**

В 2018 году, в рамках договора с ФГБУ «ВСЕГЕИ» 15-9/18-6 от 23 июля 2018 г. (ГДП-200), ФГБУ «ЦНИГРИ» проводил специализированные исследования в пределах Ветренского месторождения. В ходе работ были опробованы штольня, скважины, бульдозерные расчистки на северо-западном и юго-восточном флангах месторождения, пройдены специализированные маршруты, собран каменный материал по всем разновидностям руд, околорудных изменений и вмещающих пород. Также получены данные по эксплуатационной разведке месторождения.

В тектоническом плане Ветренский рудный узел располагается в структурах Иньяли-Дебинского мегасинклинория, примыкая к Чай-Юрьинскому региональному долгоживущему

разлому, по которому граничит со структурами Аян-Юряхского антиклинория и Детрино-Бохачинского брахискладчатого района.

Ветренский рудный узел объединяет Ветренское рудное поле как центральный объект и связанные с ним и окружающие его промышленные россыпи (по ручьям Ветреный, Журавлиный, Тихий, Кварцевый с притоками, из которых добыто более 20 т россыпного золота); северо-западный фланг узла составляют промышленные россыпи низовьев р. Эльгенья с притоками, руч. Оттоги-Отук, Хайлик и Колымской долины (участки Огороды, Выше Обо, Озёра и др.); на юго-восточном фланге располагаются россыпи по ручьям Широкий и Миткан.

Рудное поле приурочено к ядру Лево-Обинской грабен-синклинали, ядро которой сложено морскими терригенными отложениями (сверху вниз): толща переслаивающихся глинистых, углеродисто-глинистых, алевро- и алевроито-глинистых сланцев и подчинённых вулканомитовых песчаников с маломощными прослоями седиментационных брекчий – флиш нижней юры (геттангский ярус, 630 м); аргиллиты, алевролиты и песчаники верхнего триаса (не менее 1550 м); на глубоких горизонтах их подстилают близкие по составу отложения среднего, нижнего триаса и верхней перми.

Месторождение Ветренское как система промышленных рудных тел локализуется на правом борту Колымского водохранилища и занимает водораздельное пространство между ручьями Ветреный – Журавлиный и Ветреный – Цветочный (правый приток руч. Кварцевый).

Все рудные тела месторождения располагаются в самой верхней сохранившейся части разреза геттангского яруса нижней юры. Характерными особенностями этой толщи являются повышенная глинистость и повышенная углеродистость (среднее содержание $C_{\text{орг}} = 2,26\%$ против $0,94\%$ в породах рудного поля в целом). Основу рудных тел составляют кварцево-жильные образования.

По имеющимся наблюдениям, а также по данным эксплуатационной разведки Ветренского месторождения, установлено, что наиболее богатые руды, как правило, приурочены к кварцевым ядрам, выполняющим ядра складок высоких порядков, а также к зонам будинажа и рассланцевания в углисто-глинистых толщах. Бороздовое опробование подземных горных выработок показывает содержание золота в пробах от 0,5 до 745 г/т. Несмотря на частое присутствие видимого золота, бонанцевых участков на месторождении нет.

Обработка данных эксплуатационной разведки позволила выделить в контуре месторождения два рудных столба, с содержанием золота выше 6,0 г/т. На основании исследований вещественного состава руд установлено, что рудные столбы приурочены к максимальной зоне смятия, в которой углистые и углисто-глинистые сланцы изменены до антраксолитов и углеродистых выделений разной степени кристалличности. По имеющимся наблюдениям, зоны максимального смятия насыщены полостями отслоения, по сравнению с менее тектонически нарушенными участками месторождения. Как следствие, данные тектонические структуры обладают наибольшим декомпрессионным режимом, т.е. являются наиболее проницаемыми зонами для рудных гидротермально-метасоматических растворов.

Таким образом, тектоногенез углеродистых сланцев является определяющим для формирования высокопродуктивных рудных столбов на месторождении. В настоящее время оконтуривание по бортовому содержанию 6 г/т позволяет проводить отработку подземным способом. Учитывая значительный рудный потенциал Ветренского рудного поля, снижение бортового содержания золота до 2 г/т позволит увеличить запасы месторождения и с учетом доразведки его флангов позволит обосновать новый контур под открытый способ отработки, с переводом месторождения в морфологический тип крупнообъемного штокверкового оруденения.

Зубова Т.П. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСОБЕННОСТИ ГИДРОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ
КАК ПОИСКОВЫЙ ПРИЗНАК ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ

В коре выветривания неполного профиля, несмотря часто на полную глинизацию коренного субстрата, сохраняется информация о рудном источнике золота. При изучении шлихо-минералогических проб: типоморфных особенностей золота и минералов, их геохимической специализации с учетом типов коры выветривания, можно оценить ее перспективы на золотоносность и предположительно установить тип коренного источника, по которому она формируется.

Важную информацию о наличии рудной минерализации в коре выветривания дает детальное изучение гидроксидов железа в минералогических пробах. Традиционно в шлиховых пробах обращают внимание на присутствие окисленного пирита, его морфологию, размер, содержания в нем золота. Гидроксиды железа (темно-коричневые агрегаты) объединяют в одну группу. Тем не менее, среди них можно выделить:

- псевдоморфозы по сливным агрегатам сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, пирротин и др.). Это, как правило, темно-коричневые образования сухарного вида, иногда с примазками, включениями хризоколлы, малахита, серы, англеизита, скородита и др. Часто они являются концентраторами золота, при анализе мономинеральных проб методом ICP-MS в них отмечаются высокие содержания рудогенных элементов: As, Sb, Cu, Pb, Zn, Ba. На начальной стадии поисковых работ это позволяет предположить возможный тип рудной минерализации и подобрать наиболее рациональные методы опробования: использовать или нет дополнительно к пробирному анализу минералогический;

- обохренные, лимонитизированные, часто до темно-коричневого цвета обломки метасоматически измененных пород: кварц-полевошпатовые, серицит-кварц-полевошпатовые, серицит-кварцевые, кварц-серицитовые и др. часто с точечной вкрапленностью псевдоморфоз гидроксидов железа по пириту. В пробах из обломков, потенциально продуктивных метасоматитов, проанализированных методом ICP-MS на золото и 65 элементов, также отмечаются повышенные значения золота, рудогенных элементов. Высокие значения K, Na, P могут свидетельствовать об особенности гидротермально метасоматических изменений коренных пород, подвергшихся выветриванию;

- агрегаты черно-коричневого цвета железо–марганцевого состава неокатанные, плотные, сажистые могут образовываться в зоне окисления по сульфидным рудам, а также на контакте карбонатных и силикатных пород, часто являются золотосодержащими. Гидроксиды железа являются хорошими сорбентами золота в зоне гипергенеза;

- интенсивно ожелезненные обломки силикатных пород с реликтовыми пятнами, сохранившимися от окисления, без видимой сульфидной минерализации;

- инфильтрационные образования гидроксидов железа часто натечной почковидной формы, могут быть золотоносными;

- железо-кремнистые образования – плотные агрегаты, часто с оглаженной поверхностью, что не всегда является следствием окатывания и переноса материала. Часто округлые стяжения присутствуют в верхних горизонтах профиля выветривания (зона гидролиза), либо могут быть результатом разрушения древних бокситов. Из опыта имеющихся работ по изучению золотоносных кор выветривания Урала, Салаира, Бурятии они не несут признаков рудной минерализации.

При проведении площадных шлихо-минералогических работ, изучение типоморфных особенностей гидроксидов железа в пробах помогает локализовать перспективные участки для выявления золотоносной коры выветривания.

Иванов А.И., Черных А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА РУДНОЕ ЗОЛОТО ПО ЗАЯВИТЕЛЬНУМУ
ПРИНЦИПУ – СЛОЖНОСТИ, РИСКИ И НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ

Заявительный принцип лицензирования площадей для геологического изучения, введенный в 2014 г., позволил многим компаниям, не имеющим достаточного опыта проведения геологоразведочных работ (ГРР), получить лицензии на геологическое изучение. Всего, включая 2018 г., выдано по заявительному принципу 1943 лицензии (41% из них – в 2018 г.). Планируемые ассигнования на геологоразведочные работы, согласно рассмотренных ФКГУ Росгеол-экспертиза проектов, составляет 65,4 млрд. руб. Большая часть лицензий – на поиски и оценку россыпных месторождений золота. Несколько меньше – на рудное золото.

Почти все лицензии на рудное золото получены на участки, где или совсем отсутствовала оценка прогнозных ресурсов, или имелись прогнозные ресурсы категории P_3 , предполагающие только теоретическую возможность выявления месторождений. Поэтому, с учетом значительной площади участков (до 100 км²), перед недропользователями в большинстве случаев стоит достаточно непростая задача – за короткий срок (5–7 лет) на слабоизученной территории локализовать и изучить рудоносные структуры, выявить в их пределах рудные тела (рудные зоны), провести оценочные работы с составлением ТЭО кондиций и подсчетом запасов.

Поэтому при проведении ГРР необходимо максимально снизить риски неполучения положительных результатов (выявления месторождений), в связи с чем важным является проведение анализа всех имеющихся геологических, геохимических, геофизических, ландшафтно-геоморфологических и др. материалов для проведения прогнозных построений при проектировании и определения оптимальной методики проведения работ.

1. Типичные сложности, возникающие при проведении ГРР поисковой стадии:

1.1. Перекрытие значительной части площади и, соответственно, рудоносных структур чехлом значительной мощности делювиальных, в том числе курумниковых, или делювиально-солифлюкционных отложений (зачастую с верхним многолетнемерзлым мохово-гумусовым слоем), образований кор выветривания. В долинах водотоков – перекрытие аллювиальных отложений ближнего сноса дальнепринесенными (ледниковыми или подобными) отложениями. Это следует учитывать при анализе геологических, геохимических, шлиховых данных предшествующих ГРР и, соответственно, при проектировании: в таких условиях часто слабо информативны стандартные «простые» методы поисков – геологические маршруты, литохимическое опробование по вторичным ореолам и потокам рассеяния (ВОР и ПР), рядовое шлиховое опробование из водотоков и мелких горных выработок.

1.2. Отсутствие определенных геофизических признаков оруденения.

1.3. Слабая информативность дистанционных методов.

2. Типичные риски, которые могут привести к отрицательному результату:

2.1. Перекрытие рудоносных структур рыхлыми отложениями значительной мощности требует применения значительных объемов «тяжелых» методов поисков, что не только приводит к удорожанию работ, но и удлинению сроков выявления этих структур и их изучения. Соответственно, могут возникнуть финансовые или временные сложности.

2.2. Источником россыпей золота (если они имеются на площади) являются золотоносные зоны с непромышленной минерализацией, в следствие чего их изучение не приводит к выявлению месторождения.

2.3. Применение в сложных ландшафтных условиях «простых» неэффективных методов поисков не позволяет локализовать рудоносные структуры.

3. Направление действий:

3.1. Определение на начальной стадии работ вероятных геолого-промышленных и формационных типов оруденения с целью составления прогнозно-поисковой модели вероятного месторождения и определения прогнозно-поискового комплекса, проведение прогнозных исследований для выделения рудоносных структур.

3.2. Адаптация прогнозно-поискового комплекса к конкретным ландшафтным условиям.

3.3. Мониторинг выполняемых ГРП, своевременное определение необходимости корректировки их направления.

Исоков М.У., Акабиров А.М. (ИГиГ им. Х.М. Абдуллаева)
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ЗОЛОТО ПЛОЩАДЕЙ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ В ГОРАХ АРИСТАНТАУ
(ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

В геологическом строении гор Аристантау, расположенных в юго-восточной части Центральных Кызылкумов, участвуют палеозойские, мезозойские, кайнозойские образования.

Геология, рудоносность, магматизм, тектоника и другие особенности геодинамики района в разные годы изучались видными учеными, такими как И.Х.Хамрабаев, А.К.Бухарин, А.А.Кустарникова, А.Д.Швецов, Ш.Э.Эргашев, А.К.Глух, А.П.Титова, В.А.Коннов, Ю.С.Савчук, Р.Х.Миркамалов и др. Геологоразведочные работы проводились А.И.Рустамовым, А.К.Кушнар, М.Л.Рывкиным, Ю.А.Лихачевым, В.П.Стрыгиным, А.Е.Сафрошкиным, Х.Х.Авезметовым, Д.Ф.Капустиным и др.

Основная промышленная золоторудная минерализация размещена в северо-восточной части гор и контролируется Едум-Бешащинской зоной смятия (средние и мелкие месторождения Аристантау, Бешащи и более 10 рудопроявлений, такие как Едум, Штокверковое и др.). Зона представляет собой серию сближенных субширотных разломов, простирающие которых меняется до восток-юго-восточных. Анализ локализации объектов золота показывает, что наиболее минерализованными являются участки осложнений разломов в пределах пачек переслаивания алевролитов и сланцев косманачинской и мурунской свит: резкое изменение простираения, места сближения нарушений (с образованием мощной зоны трещиноватости), уменьшение или раздувы мощности нарушений, пересечение основного (близширотного) нарушения разломами северо-восточного простираения и т.д.

Региональная геологическая позиция месторождения Аристантау определяется его размещением на западном затухании протяженной (до 15 км) и мощной (до 2 км) левосдвиговой зоны сближенных (5–7 шт) разломов близширотного направления.

По накопленным авторами материалам можно судить о морфоструктурной и геохимической близости изученных в зоне смятия рудопроявлений (более 10) с месторождением Аристантау. При этом следует предположить, что к юго-востоку гор Аристантау, до рудопроявления Ямбыска, намечается рост содержания элементов полиметаллической группы и серебра.

Анализ закономерностей размещения рудных объектов по району работ показал, что прогнозирование перспективных площадей на золото должно основываться на расшифровке положения 3-х рудоконтролирующих структур: по северо-востоку – Аристантау, по северу – Сангрунтау, по центральной части – Аристантау и Джамантау. Все они являются швами дайковых поясов, отходящих от Шарыктинского или Курукдукского штоков. Интенсивность золотого оруденения и рудонасыщенность структур убывают с удалением от интрузий с одновременным возрастанием сереброносности рудопроявлений. Учитывая то, что основные перспективы

золотоносности связаны с перекрытыми площадями, базовым способом при поисках является геофизический метод вкупе с космодешиффрированием линеаментов, кольцевых структур и глубинным геологическим картированием.

При этом ведущая роль при среднемасштабном прогнозировании принадлежит гравимагнитным методам, посредством которых возможно выявление в палеозойском фундаменте метаморфических куполов и сопровождающих их ареалов пород, подвергшихся дорудному регионально-площадному полевошпат-кварцевому метасоматозу, интенсивному рассланцеванию и последующей гидротермальной деятельности, сопровождающейся рудоотложением. Для выявления перспективных на золоторудную минерализацию участков в пределах потенциально-перспективных площадей дополнительно требуется более детальная информация по электро-, сейсмо- и гравимагниторазведке.

Кайгородова Е.Н. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
РУДНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАДУЖНОЕ (КБР, РОССИЯ)

Северный Кавказ является одним из старейших горно-рудных районов России, однако степень вовлеченности минерально-сырьевой базы в хозяйственную деятельность довольно низкая. Это обусловлено характером рельефа, сложным социально-экономическим положением и невысокой степенью изученности большинства рудных объектов.

Месторождение Радужное относится к Кардан-Куспаринскому рудному узлу, расположенному в пределах Левобережного рудного поля. В генетическом плане месторождение связано с Чегем-Урухским вулканоплутоническим поясом (Курбанов Н.К. и др., 2011), однако на фоне остальных рудопоявлений района обладает довольно сложным геологическим строением. Площадь месторождения около 10 км².

По состоянию на 01.01.2017 месторождение находится в нераспределённом фонде недр и числится в группе не переданных в освоение. Запасы месторождения составляют: 4,89 т золота по категории C₁ (при среднем содержании в рудах 2,9 г/т); 96,4 т серебра по категории C₁ (при среднем содержании в рудах 58,99 г/т). Месторождение Радужное относится к разряду мелких. По сложности геологического строения месторождение отнесено к 3-й группе.

Месторождение было открыто в 1974 году, но по сей день, практически отсутствуют опубликованные работы по геологии и минералогии данного месторождения. Оно является уникальным для Северного Кавказа и поэтому его изучение является крайне актуальным.

1. Обобщая архивные данные и на основании новых собственных данных, выявлено, что участки оруденения месторождения Радужное приурочены к краевой части гранитного массива (Безенгийский горст) вблизи Саурданского разлома, являющегося восточной ветвью Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны. Благоприятными рудовмещающими структурами являются пересечения более ранних разломов субмеридионального простирания, определяющих блоковое строение рудного поля, и более поздних разломов северо-западного простирания, приоткрывавшихся в условиях взбросо-сдвигов и играющих рудоподводящую и рудоконтролирующую роль.

2. Образование зон богатого и рассеянного оруденения пространственно и генетически связано с вулканитами кислого состава (хуламский комплекс) и связанными с ними флюидно-эксплозивными брекчиями. Вулканиты хуламского комплекса обогащены легкими редкими землями, имеют смешанное корово-мантийное происхождение и характеризуются высокой дифференцированностью. Образование данных вулканитов происходило в условиях рассеянного спрединга на окраине Скифской плиты в задуговом бассейне океана Тетис.

3. Минералы надгруппы алунита в зоне окисления являются поисковым признаком на золото-серебряное оруденение, некоторые минералы данной надгруппы на месторождении Радужное описаны впервые. Гипс на месторождении пространственно и генетически связан с рудными телами массивных и вкрапленных сульфидных руд и является поисковым признаком на золото-сульфидное оруденение.

4. Выявлено последовательное образование трех различных типов оруденения (галенит-сфалерит-халькопиритовый, золото-серебро-сульфидный и золото-серебряный), образующих ярусное распределение в зависимости от состава и свойств вмещающей среды. Оруденение месторождения Радужное сформировано в 3 стадии одного этапа, проявление рудного процесса имело пульсационный характер в связи с многоактностью процесса внедрения вулканитов и брекчирования.

**Каландарова Е.А., Исаева Е.П., Палкина А.И., Мазуркевич К.Н. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»),
Готов С.П. (ООО «Аккаргинский»)
НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПЛАТИНОНОСТИ МАССИВОВ Г. СМОРОДИНКА И
ПРОВАЛЬНИНСКОГО (ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТ
ГК-1000/3 ЛИСТА Q-58 (АЛИСКЕРОВО)**

Клинопироксенит-габбровые интрузивные массивы Провальнинский и Смородинка, входящие в состав егдэгкычского комплекса раннемелового возраста, расположены в пределах Алучинского поднятия Олойской складчатой зоны на продолжении Баимской рудно-россыпной зоны. В конце 80-х годов предшественниками была установлена платиноносность этих интрузий, как сопутствующая непромышленному никелевому и титаномagnetитовому оруденению ликвационного типа.

Провальнинский массив расположен на правом берегу р. Орловка (правый приток р. Большой Анюй) в ее нижнем течении и занимает площадь порядка 30 км². Прорывает терригенные отложения среднеюрского возраста. Строение массива концентрически-зональное, характеризующееся наличием смещенного к северо-востоку центрального ядра, сложенного верлитами и, предположительно, дунитами. Ядру массива соответствует понижение рельефа, выполненное озерными и озерно-аллювиальными отложениями верхнего неоплейстоцена. Само ядро окружено оторочкой, состоящей из последовательно сменяющихся по направлению к центру лейкократовых габбро и габбро-сиенитов, меланогаббро, габбро, оливиновых, магнетитовых и магнетит-биотитовых клинопироксенитов.

Массив горы Смородинка расположен в 2,5 км северу от Провальнинского и занимает площадь порядка 5 км², являясь, по-видимому, выведенным на поверхность по системе взбросов продолжением последнего. В пределах массива наибольшее распространение по площади получили магнетит-биотитовые клинопироксениты, а габбро слагают внешнюю оторочку с видимой шириной до 200 м.

На основании взаимоотношений с вмещающими, тесной пространственной ассоциации и определенном геохимическом сходстве с породами Егдэгкычского монцогаббро – сиенитового массива возраст клинопироксенит-габбровых интрузий определяется как раннемеловой (берриас), но не исключается и позднейший.

В ходе полевых работ в рамках создания ГК-1000/3 листа Q-58 (Алискерово) было выполнено геологическое доизучение с отбором петрохимических и геохимических проб из всех разновидностей пород (25 проб), произведено литохимическое опробование по первичным ореолам рассеяния пород Провальнинского массива и массива г. Смородинки (59 проб),

а также опробование по потокам рассеяния (58 проб). Дополнительно были изучены 35 зерен шлиховой платины, отмытых в руч. Клин при проведении геологосъемочных и поисковых работ м-ба 1:50 000 Анюйским ГГП (1985 г.).

Элементы платиновой группы (ЭПГ) по результатам эмиссионно-спектрометрического анализа с индуктивно-связанной плазмой обнаружены во всех без исключения пробах. Среднее содержание в пробах по первичным геохимическим ореолам Pt составляет – 0,025 г/т (min 0,0032; max 0,17), Pd – 0,029 г/т (min 0,0053; max 0,077). Содержания Rh (19 проб) колеблется от 0,0021 до 0,0061 г/т; Ir (6 проб) от 0,0021 до 0,0032 г/т; Ru (3 пробы) от 0,0024 до 0,0031 г/т. Устойчивые геохимические потоки ЭПГ выявлены во всех ручьях, дренирующих Провальнинский массив и массив г. Смородинка. Для донных проб из потоков рассеяния среднее содержание Pt – 0,012 (min 0,001; max 0,025), Pd – 0,022 г/т (min 0,0069; max 0,041). Содержания Rh (7 проб) – 0,0024–0,0044 г/т; Ir (4 пробы) – 0,0022–0,0029 г/т; для рутения – значений, превышающих порог чувствительности анализа не выявлено.

По количественному соотношению ЭПГ в проанализированных пробах преобладает палладиевая специализация с отношением Pt/Pd > 1. Минимальное отношение Pt/Pd для проб из первичных ореолов / проб из потоков рассеяния – 0,3/0,6; максимальное – 4,4/8,2 при среднем 1,4/2,2. При микрозондовых исследованиях зерен шлиховой платины палладий не был обнаружен, и это дает основание полагать наличие собственно палладиевой минерализации на данном объекте.

При изучении под электронным микроскопом установлено, что зерна шлиховой платины имеют различную степень окатанности. Размер их варьирует от 0,72 до 1,37 мм. Цвет зерен серо-стальной с едва заметным бурым налетом оксидов железа. Подавляющее большинство зерен (24 зерна) имеет уплощенно-угловатый облик с шероховатой поверхностью и следами дезинтеграции как в приповерхностной, так и во внутренней частях (наблюдаются рваные сколы и трещины). Встречаются единичные зерна с колломорфным обликом, а также зерна в виде сrostков кубических кристаллов на которых наблюдаются линии роста. Минеральный состав отвечает изоферроплатине с содержанием Fe от 4,31 до 8,99%. В части зерен присутствуют включения Os-, Ru-Os-, Rh-Ir-Cu – сульфидов.

В результате проведенных исследований выявлено, что петрографические и петрохимические особенности габбро и клинопироксенитов массивов Провальнинского и горы Смородинка сходны с аналогичными породами Левоандриановского массива Центрально-Камчатской группы: широкое распространение пород с биотитом, амфиболами, апатитом, петрохимическое сходство и особенности спектров РЗЭ габбро, магнетитовых и магнетит-биотитовых клинопироксенитов и верлитов, тесная пространственная и парагенетическая ассоциация с умереннощелочными и щелочными породами основного и среднего состава. Особенности распределения МПГ характерны для зональных комплексов Центрально-Камчатской группы и интрузий Кондерского типа.

Коваленкер В.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)

ТИПОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОНАЛЬНОСТИ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ИХ ЗОЛОТОПРОДУКТИВНОСТИ

Весомая роль эпитеpmальных месторождений как одного из принципиальных источников Au, Ag и ряда других металлов определяет в качестве одной из приоритетных задач обнаружение новых объектов и оценку их потенциальной продуктивности. В этой связи на первый план

выдвигается задача разработка моделей минеральных систем таких месторождений, описывающих минералого-геохимические признаки минерализации и степень ее золотопродуктивности. Первостепенное значение отводится выявлению обобщенных типовых характеристик рудной минерализации, которые позволяют на ранних стадиях поисков уверенно определять генетический и геохимический тип месторождения. К ним отнесены: состав минеральных ассоциаций, относительная роль рудных и жильных минералов, направленность вариаций их химического и изотопного состава. Критически важными индикаторами минералого-геохимического профиля рудной минерализации являются блеклые руды, сфалерит, самородное золото, сульфостаннаты, сульфоантимониты, сульфовисмутиты, а показателями уровня эрозионного среза – ценного параметра для оценки масштаба оруденения – текстурная и минералого-геохимическая зональность, а также особенности флюидного режима на верхнем, среднем и нижнем уровнях развития модельной эпитермальной системы.

Представленные ниже данные, описывающих текстурную и минералого-геохимическую зональность рудной минерализации и флюидный режим ее формирования, основаны на полученных нами при изучении по многочисленным российским и зарубежным эпитермальным месторождениям высоко- (ВС), промежуточно- (ПС) и низкосульфидизированного (НС) типов, а также анализе литературных материалов.

(а) Текстурная зональность. Верхний уровень системы характеризуется развитием 1-2 типов простых текстур (массивная, полосчатая) с преобладанием криптокристаллического и халцедоновидного кварца. На среднем уровне развиты крустификационные, колломорфные, полосчатые, массивные и гребенчатые текстуры в их простых и сложных сочетаниях, а также брекчиевые и брекчиевидные. Этот интервал является наиболее продуктивным в отношении Au-Ag минерализации. Нижний уровень представлен в основном кристаллическим кварцем, часто зональным, с обычно низкими содержаниями золота.

(б) Минералого-геохимическая зональность. В месторождениях НС и ПС типов в направлении от верхних к нижним уровням наблюдается увеличение роли ассоциаций с сульфидами меди и появление на глубоких горизонтах Au-Cu-Bi-минерализации, снижение Se в сульфоантимонитах, Ag в блеклых рудах и повышение в них As. В месторождениях ВС-типа верхние уровни характеризуются присутствием энаргита, люционита и фаматинита, голдфилдита и теллуристых блеклых руд, часто селенистых, минералов систем Cu-Fe-Sn-S и Cu-Pb-Bi-S-Se. К глубоким горизонтам рудных тел в минералах закономерно снижаются содержания Se, в блеклых рудах – Te с увеличением роли As, среди теллуридов возрастает роль теллуридов Ag и Pb, уменьшается количество Cu-As-Sb-сульфосолей.

(в) Флюидный режим. Для верхних уровней характерны систематическое отклонение в сторону более высоких значений *PT*-параметров ФВ от гидростатических условий, а также признаки смешения разнотипных флюидов. На среднем уровне фиксируются семейства ФВ, демонстрирующие гетерогенизацию (кипение) флюидов, а на нижнем – ФВ часто характеризуются большей долей относительно низкотемпературных флюидов (в сравнении с гидростатическими *PT*-параметрами для данной глубины).

Таким образом, типовые характеристики зональности рудной минерализации в эпитермальных системах могут рассматриваться в качестве основы для прогнозной оценки их потенциальной продуктивности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-05-00476).

**Конкин В.Д, Иванов А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Агеев Ю.Л. (ООО «СибГК»)
ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ ОБСТАНОВКИ НАХОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ
БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ
ОЛОКИТО-СЮЛЬБАНСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

Олокито-Сюльбанская зона (ОСЗ) как региональная полигенно-полихронная структура протяженностью более 600 км и шириной более 35 км выделена на стыке миогеосинклинального Байкало-Патомского мегаблока и эвгеосинклинального (островодужного) Байкало-Муйского. В современном структурном плане она маркируется прогибами и их сохранившимися фрагментами в провесах кровли Баргузино-Витимского гранитоидного ареал-плутона. Стратифицированные комплексы интродуцированы телами базитового (до ультраосновного) и гранитоидного (до граносиенитов) рядов с возрастным диапазоном от рифея до позднего палеозоя включительно и осложнены системой неоднократно подновлявшихся швов сбросо-(взбросо)-сдвиговых деформаций системы межблоковых и внутриблоковых разломов глубинного заложения. Зоны влияния шовных зон разломов и их ветвей составляют $n \times 10$ км. В их строении участвуют как вязкие, так и хрупкие разрывные нарушения.

На отдельных локальных фрагментах зоны разновозрастные интрузивные комплексы гранитоидного и базитового состава внедрялись в толщи вулканогенных фаций, что при наличии в их пределах золоторудной и колчеданно-полиметаллической минерализации, позволило авторам сделать предположение о локальных рудно-магматических очагах с пульсационной гидротермальной активностью на различных (от среднего рифея до палеозоя включительно) стадиях их развития.

С учетом данных о выявленных промышленных концентрациях золота в минерализованных зонах на рудных полях с метасоматитами березит-лиственитовой формации как среди лавово-туфогенных и терригенных толщ флишеидного строения, так и в интрузиях гранитоидов и габброидов, идентифицируются 4 обстановки формирования рудных полей, характеризующиеся сочетанием в пространстве потенциально золотоносных интрузий гранитоидов верхнего палеозоя со следующими комплексами пород: 1 – гранитоидами среднего верхнего рифея и вмещающих их вулканогенных и терригенно-вулканогенных пород на площадях Икибзякско-Додыхтинского и Келяно-Мамаканского рудных узлов (*Икибзякско-Келянская обстановка*); 2 – габброидами верхнего рифея и туфогенно-лавовыми толщами рифея Мукадекского рудного поля (*Мукадекская обстановка*); 3 – вулканитами базальт-андезит-дацитово-гранитовой формации средне-позднерифейского времени Орловско-Каралонского рудного узла (*Каралонская обстановка*); 4 – углеродистыми карбонатно-туфогенно-терригенными толщами флишеидного строения среднего рифея Чаяндринского, Урях-Бахтарнакского Манюканского и Мамского рудных узлов (*Олокито-Мамская обстановка*).

Одним из ведущих рудоконтролирующих элементов размещения золоторудных минерализованных зон на рудных полях служат зоны с пластическими (вязкими) разломами с формированием зон складчато-разрывных дислокаций линейного плана в толщах флишеидного строения и зоны хрупких дислокаций с формированием мегаштокверковых систем в вулканогенных и интрузивных и комплексах пород. С учетом этого выделяются три группы: 1 – преобладание серии субпараллельных линейных зон тектонических (преимущественно в вулканогенно-терригенных и флишеидных толщах), 2 – мегаштокверковых зон в интрузивных комплексах и 3 – сочетание линейных зон с зонами оперения в эндо-экзоконтактах интрузий.

Предложенные варианты обстановок формирования золоторудных рудных полей с месторождениями золотокварцевых и золото-кварц-сульфидных руд в минерализованных зонах позволяют прогнозировать возможность выявления новых месторождений как рудного золота,

так и золотосодержащих колчеданно-полиметаллических руд в уникальной, по своей природе, зоне сопряжения формационных комплексов островодужного и миогеосинклинального режимов развития. Наибольшими перспективами золотоносности обладают рудные поля с зонами складчато-разрывных нарушений во флишеидных толщах и зонами хрупких разломов с формированием мегаштокверков в гранитоидах.

**Конкин В.Д. (ФГБУ «ЦНИГРИ»),
Шеметов В.А., Матвейчук А.А. (АО «Иркутскгеофизика»)
ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ
ПОЛЕЙ МАМСКОГО И МУКАДЕКСКОГО ЗОЛОТОРУДНЫХ УЗЛОВ**

Олокито-Мамский и Мукадекский золоторудные узлы выделены на западном фланге Олокито-Сюльбанской структурно-металлогенической зоны (ОСЗ) в области сочленения миогеосинклинальных структурно-вещественных комплексов Мамско-Бодайбинского и островодужных комплексов Байкало-Муйского мегаблоков. Контакт блоков – тектонический, по серии ветвей зоны шовных разломов с северо-восточным простиранием, которые входят в систему межблоковых швов глубинного Байкало-Сынныро-Сюльбанского разлома.

Площадь Мамского рудного зла (по современным представлениям) сложена метаморфизованными сложно дислоцированными метатерригенно-карбонатными, в том числе углеродистыми, толщами флишеидного строения с горизонтами туфогенно-терригенных фаций рифея в составе итыкитской, ондокской и овгольской свит. В пределах Мукадекского узла преобладают метатуфогенно-вулканогенные породы базальт-андезит-дацитовый (риолитовой-?) формации с горизонтами туфогенно-терригенных фаций в составе келянской свиты рифея, прорванные разновеликими телами базит-гипербазитового ряда. Все образования и интродуцированные гранитоидами зонального строения позднего рифея и потенциально золотоносного конкудеро-мамаканского монцогранит-лейкогранит-гранодиоритового комплекса с дайками «пестрого» состава палеозоя. Стратифицированные толщи претерпели складчатость, региональный полифациальный зональный метаморфизм от амфиболитовой до зеленосланцевой фации и интенсивные син- и постинтрузивные дислокационные и гидротермально-метасоматические преобразования по серии тектонических зон расщепления.

Зоны сквозного тектонического расщепления служат основными рудоконтролирующими и рудовмещающими структурами, с развитием в них метасоматитов березит-лиственитовой формации (с преобладанием березитов) и жильной-жильно-прожилковой золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации в ареале различной интенсивности проявления разногенетических образований железо-магнезиально-карбонатного состава («буропатизации») и пиритизации. Характерной особенностью зон метасоматических образований (мощность от первых метров до 30 м и протяженность до первых км в зонах шириной до 2,5 км), служит их отчетливо выраженная удлиненно-линзовидная морфология субсогласная общему тектоническому плану с их виргацией и расщеплением в виде конского хвоста по простираению. Площади рудных полей оконтуриваются по ареалам сближенных аномалий ВОР и зон метасоматитов трассирующих зоны разрывных нарушений. Для рудных полей Олокито-Мамского рудного узла ведущее значение имеют линейные зоны складчато-разрывных дислокаций (ЗСРД) типа пластических (вязких) разломов в толщах флишеидного строения; для рудных полей Мукадекского узла характерно сочетание зон вязких и хрупких деформаций, с проникновением последних в тела габброидов. Эти наблюдения показывают сходство формирований рудовмещающих образований первого из них с известными рудными полями

Южно-Бодайбинского рудного узла, а вторые служат новой обстановкой локализации рудных полей для зоны ОСЗ в ее фрагментах сочленения Ленской и Байукало-Муйской золотоносных структурно-металлогенических зон.

Учитывая слабую опойскованность рудных полей рассматриваемых узлов рекомендуется продолжение поисковых и поисково-оценочных работ на рудное золото. Особое внимание при продолжении работ необходимо обратить на зональность строения минерализованных зон с будинообразными рудными залежами и состав вторичных аномалий золота и его попутных компонентов, что позволит установить эрозионный уровень и прогнозировать золоторудные тела в слепом и перекрытом залегании.

Котов А.А., Мурашов К.Ю. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ ГЛУБИННОСТИ ЗАЛЕГАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ
ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В КРОПОТКИНСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ
(БОДАЙБИНСКИЙ РАЙОН)

Кропоткинский золоторудный узел (КРУ) авторами воспринимается как охватывающий золотоносную площадь с месторождениями Вернинское (Вернинское-Первенец), Невское и рядом рудопоявлений, локализованных в терригенных сланцевых породах аунакитской свиты, в складчато-разрывной тектонической зоне ЗСЗ простираения, пересекаемой разломами С-СВ простираения. В районе месторождения Вернинское геофизические исследования выявили повышенное гравитационное поле Кропоткинский локальный максимум. Рядом исследователей к КРУ относится и месторождение Сухой Лог, расположенное примерно в 12 км от месторождения Вернинское. Основные золоторудные залежи месторождения Сухой Лог локализованы в породах хомолхинской свиты, подстилающей аунакитскую. В районе месторождения Сухой Лог выявлено пониженное гравитационное поле (Угаханский минимум). Остается открытым вопрос о принадлежности этих месторождений к общему рудному узлу.

Месторождения Вернинское и Невское характеризуются сонахождением двух геолого-промышленных типов руд, прожилково-вкрапленных и жильных. Подобное сонахождение имеет место и на месторождении Сухой Лог при резко подчиненной значимости жильных руд. Рудоконтролирующая роль ЗСЗ тектонических нарушений вмещающих жильные рудные тела, при общей основной прожилковой минерализации, допускают возможность их образования в связи с развитием единой рудогенерирующей системы мезотермального рудообразования.

Исследования месторождений КРУ указывают на явные сходства месторождений по морфологии рудных тел, текстурам и структурам руд. Рудные тела месторождений расположены на близких гипсометрических отметках около 950 м. На месторождение Вернинское прожилково-вкрапленный тип руд представлен несколькими рудными телами, два из которых отрабатываются действующим карьером, а одно – наиболее крупное, не вскрытое, разведано в интервале 650–400 м, но на более глубинных интервалах не заверено. Общие запасы руд золота на месторождении Вернинское очевидно, превышают 300 т, т.к. глубинные горизонты этого месторождения не оценены в должной мере. Основная залежь месторождения Сухой Лог прослежена на глубину более 500 м.

Глубинное строение месторождений Вернинское и Невское, расположенных выше по стратиграфическому уровню, по отношению к Сухому Логу, указывает на возможность нахождения более высоких концентраций золота с глубиной, что подтверждает вертикальная зональность минералого-геохимических характеристик руд месторождений, в пределах вскрытых горизонтов карьеров. По данным разведочных работ, не вскрытое рудное тело на месторождении

Вернинское, сходно по минералого-геохимическим характеристикам с рудами месторождения Сухой Лог, что позволяет сделать вывод о более значительном эрозионном срезе месторождения Сухой Лог, в результате которого прожилково-вкрапленные и жильные типы руд, подобные рудам месторождений Вернинское и Невское были эродированы. К сожалению, авторами неизвестно, планируется ли доизучение глубинного строения и золотоносности «подрудных» сланцевых пород на этих месторождениях.

**Краснов А.Н., Яблокова С.В., Иванов Н.М., Филиппов В.П. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РОССЫПНОЕ ЗОЛОТО РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

Золото в структурно-формационных комплексах Русской платформы известно, по крайней мере, со середины 18-го века (Соболевский О.В., 1970). Оно установлено близ устья р. Выг (в 320 км от Петрозаводска) в медных рудах Воицкого рудника, локализованных в докембрийских кристаллических породах Балтийского щита. Многочисленные проявления золота связанные с выступами кристаллического основания платформы выявлены в пределах Воронежского массива. В пределах Валдайской возвышенности (Нелидово-Торжокский выступ) в поле развития водноледниковых отложений локализован участок площадью около 100 км² с высокой частотой встречаемости золота рудного облика.

К настоящему времени промышленных месторождений рудного золота на рассматриваемой территории неизвестно. Тем не менее, золоторудные проявления, локализованные в структурно-формационных комплексах выступов основания платформы явились одним из главных источников золота для бассейнов осадконакопления в различные эпохи. В результате золото установлено в отложениях значительного возрастного диапазона: от девонских конгломератов Воронежской антеклизы и Тиманского поднятия до неогеновых песков Ставропольского поднятия.

Из опробованных авторами около 140 объектов различных фациальных типов золото выявлено: в аллювиальных отложениях современных водотоков (50% от всех опробованных) в четвертичных ледниковых и полигенетических грубообломочных толщах – 15%, в титано-циркониевых проявлениях морского генезиса юрского, мелового и палеоген-неогеновых осадочных толщах – 16%; в конгломератах, песках и других разнообразных отложениях фанерозоя – 12%. Реально доступным ресурсом попутного золота для промышленной реализации обладают комплексные титано-циркониевые россыпи и месторождения песчано-гравийного сырья (ПГС).

Наиболее привлекательными как источниками промышленного извлечения золота несомненно являются комплексные титано-циркониевые россыпи, в частности на территории Воронежской провинции, где установлено более 50 титано-циркониевых россыпей (Болотов, 1964), в том числе золотосодержащих. Самородное золото установлено в месторождениях Центральное, Кирсановское (Тамбовская обл.), Лукояновское (Нижегородская), Волчинское (Липецкая), Новозыбковское (Брянская), Балтинское и Буерак-Поповское (Волгоградская). Содержание его от первых десятков до 2 г/т.

Несмотря на значительный золотоносный ресурс, титано-циркониевые россыпи до настоящего времени в России не отрабатываются. Напротив, месторождения ПГС, как известно, представлены многочисленными действующими промышленными объектами и ресурсный потенциал их на ближайшие десятилетия практически неиссякаем. Только территория северо-восточной части платформы обладает ресурсами золотосодержащих месторождений ПГС в объеме не менее 2 млрд. м³ (Р₃). Большими объемами песчано-гравийного сырья обладают

центральные области, в частности Смоленская и Ивановская; в пределах последней высоким золотоносным потенциалом характеризуются месторождения ПГС Хромцовского ГОКа.

Золото в месторождениях, как правило, «растянуто» по всему разрезу рыхлой толщи с колебаниями содержаний от первых миллиграммов до 300–400 мг/м³. В наиболее перспективных объектах Смоленской, Московской, Ивановской и Костромской областей среднее содержание в исходных отложениях составляет до 50 мг/м³. В песках отсева крупных ГОКов, объёмы которых достигают сотен миллионов кубометров, содержания колеблются от 60 до 150–200 мг/м³.

В обстановке непосредственной близости к выступам основания платформы формируются месторождения ПГС с повышенными содержаниями попутного золота (Валдайская возвышенность). В песчано-гравийных водно-ледниковых отложениях наряду с сильно окатанными золотишками (в результате длительного переноса) присутствует заметное количество золота рудного облика, нередко в сростании с сульфидами. Близость золоторудных проявлений (магматогенно-гидротермального типа, Кряжев С.Г., 2009) подтверждается параметрами газовой жидкой составляющей включений в кварце, отобранного из сростков с золотом.

Многочисленные аллювиальные россыпные проявления известны в речных долинах всех платформенных областей. В частности, на Русской платформе проявления с содержаниями до 1,5–3,5 г/м³ установлены в неоген-четвертичной толще бассейнов рек Печоры, Ветлуги, Вычегды, Камы, Вятки, Волги, Оки, Дона. В целом, аллювий крупных долин может рассматриваться лишь как источник попутной добычи золота при отработке месторождений песка и ПГС.

Современные обогатительные комплексы позволяют в настоящее время извлекать золото из хвостов промывки дробильно-сортировочных фабрик ГОКов (Седельникова Г.В., Романчук А.И., 1998). Образующиеся в процессе отмывки ПГС на фабриках хвосты крупностью фракции менее 3 мм, поступают на обесшламливание в гидроциклонах; полученный при этом слив направляется в хвостохранилище, а пески на мокрое грохочение, на грохот с отверстием сетки 1 мм. В мытых песках фракции крупностью менее 3 мм, получаемых в процессе переработки песчано-гравийных материалов на дробильно-сортировочных фабриках, содержится золото в количествах до 150 мг на тонну.

Рекомендуемая технологическая схема обеспечивает не только получение кондиционного золотосодержащего концентрата, но и повышение комплексности использования за счёт производства кварцесодержащих песков узких фракций для дорожного строительства и домостроения.

На основании результатов технологического опробования продуктов переработки ПГС шести крупнейших предприятий центральных районов России, попутное извлечение золота наиболее целесообразно на двух предприятиях – Вяземском горно-обогатительном комбинате (Смоленская область) и Хромцовском карьере (Ивановская область). В целом прогнозные ресурсы россыпного золота (P_2+P_3) в месторождениях ПГС водно-ледникового комплекса составляют: в Смоленской области более 20 т, Ивановской – около 10 т (Осауленко О.В., 1998). Таким образом, рекомендуемая безотходная технология обеспечивает получение кондиционного золотосодержащего концентрата и расширяет номенклатуру товарных песков для строительных целей.

Кряжев С.Г. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТО-ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩАХ

Происхождение золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах долгие годы остается предметом острых дискуссий, которые во многом обусловлены неоднозначностью трактовки таких особенностей оруденения, как секущий характер рудных тел в стратоидных золоторудных залежах и отсутствие пространственно-временных связей с интрузивным магматизмом. Приуроченность к определенному литолого-стратиграфическому уровню трактуется либо как указание на связь оруденения с конседиментационными процессами, либо объясняется физико-механическими и химическими свойствами пород, благоприятными для отложения золота из метаморфогенных или магматогенных растворов.

Одним из путей решения этой сложной проблемы является привлечение данных по распределению в рудах и во вмещающих породах изотопов сульфидной серы – элемента, без которого в восстановительной среде при относительно низких температурах (400–200°C) в гидротермальных системах невозможен эффективный транспорт золота. Изотопно-геохимическая зональность, под которой понимается закономерное изменение отношения $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ (или величины $\delta^{34}\text{S}$) в пространстве–времени, является наиболее общим свойством всех крупных золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах. Зональность отражает привнос серы и золота в область рудоотложения из общих эндогенных источников на конседиментационном и орогенном этапах длительной эволюции единых рудообразующих систем. Геолого-генетический тип каждого конкретного месторождения определяется продуктивностью конседиментационной или орогенной подсистемы.

Рудообразующие подсистемы конседиментационного этапа могут быть описаны в рамках эксгальационно-осадочной модели, которая включает инфильтрацию эндогенных золотоносных флюидов по системе разломов в толщу слабо литифицированных осадков, их излияние на дно бассейна с накоплением металлоносных отложений в локальных рифтогенных впадинах. Изотопно-геохимическая зональность, возникающая в литолого-фациальном профиле золотоносных отложений, характерна в целом для месторождений колчеданного семейства, а также для современных гидротермально-осадочных образований. Она является следствием смешения сульфидной серы, поступающей из эндогенного источника ($\delta^{34}\text{S} = 0 \pm 3\text{‰}$) с сероводородом, возникающим за счет термохимического восстановления морского сульфата ($\delta^{34}\text{S} + 3 \dots + 20\text{‰}$) или биогенной сульфатредукции ($\delta^{34}\text{S} < -3\text{‰}$). Относительный вклад каждого из указанных источников серы изменялся по мере удаления от рудоподводящих каналов, а также по мере затухания эндогенной активности во времени. Градиент зональности в разрезе осадков отражает длительность функционирования гидротермально-осадочной системы и коррелирует с масштабами оруденения.

На орогенном (коллизийном) этапе гидротермально-осадочные залежи подвергались частичной регенерации с образованием метаморфогенных прожилково-вкрапленных руд и золотоносных кварцевых жил, сульфиды которых наследуют изотопно-геохимическую зональность конседиментационной подсистемы.

Рудообразующие подсистемы орогенного этапа в целом соответствуют плутоногенно-гидротермальной модели, согласно которой мобилизация и транспорт рудного вещества осуществлялись флюидами, поступающими из глубинных магматических очагов. Изотопно-геохимическая зональность, возникающая в области рудоотложения, является частным проявлением постмагматического инфильтрационного метасоматизма: в осевой (золотоносной) зоне

$\delta^{34}\text{S}$ сульфидов определяется источником рудоносных растворов, во внешней – вмещающими породами. Граница между зонами достаточно резкая.

Изложенные представления являются основанием для использования изотопно-геохимической зональности при поисковых работах с целью выявления и картирования рудообразующих палеосистем в рудоносных углеродисто-терригенных комплексах.

**Кузьменко А.А. (Уральский филиал АО «Полиметалл УК»)
ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО АПРОБАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ
МЕТОДОВ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ НА САЛДИНСКОМ УЧАСТКЕ
В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

С увеличением геологической изученности площадей все больше внимания уделяется новым методам поисков скрытого оруденения. Целью работ, проводимых Уральским филиалом АО «Полиметалл УК» была апробация и оценка эффективности двух методик геохимических работ – ММИ и МЕFFA на Салдинском участке в Свердловской области при поисковых работах на коренное золото.

Салдинский участок сложен кварц-карбонат-хлоритовыми сланцами, туфопесчаниками, метасоматитами серицит-карбонатного, кварц-карбонатного состава; известняками медведевской толщи нижнего и среднего девона. На участке характерно широкое распространение площадных и линейных кор выветривания, достигающих мощности 20 м. Мощности четвертичных перекрывающих отложений колеблются в пределах 2–10 м и представлены глинами, суглинками.

Для выбора оптимальной методики площадных поисковых работ были проведены опытно-методические работы (ОМР) по апробации современных методик геохимических поисков. ОМР были проведены на участке, где в колонковых скважинах были вскрыты зоны минерализации. Было отобрано 100 проб в трех профилях по вторичным ореолам рассеивания (опробования слоя В). Каждая проба впоследствии была разделена на три равные части и проанализирована по 3-м методикам: 1. «Геохимическая технология исследования почв-подвижные ионы металлов – ММИ», лаборатория SGS. Данная методика представляет собой извлечение в раствор подвижных форм металлов и последующий их анализ с использованием ICP-MS; 2. Метод геохимических поисков «МЕFFA», разработанный Юниорская компания Mineral Exploration Network (Finland) Ltd. Метод представляет собой мультиэлементный анализ тонкой фракции с использованием LA (лазерной абляции) и ICP-MS; 3. Традиционным методом по вторичным ореолам с проведением полуколичественного атомно-эмиссионного спектрального анализа (ПКСА), выполненного в Центральной лаборатории АО «ЗСУ».

Согласно обработки результатов по всем 3 методикам отсутствуют значимые корреляции золота с элементами спутниками. По данным ПКСА выделяются низкоконтрастные линейные аномалии золота, при этом большая часть значений находится в пределах уровня погрешности инструментального определения. По размерам и контрастности, аномалии золота, выделенные по методикам ММИ и МЕFFA, в два-три раза превышают те же характеристики аномалий, выделенных по данным ПКСА. Контурные аномалий по данным двум методикам пространственно совпадают.

В конце 2018 года проведена заверка аномалий золота, выявленных по методикам ММИ и МЕFFA, скважинами шнекового бурения. В результате в двух профилях выделены минерализованные зоны северо-западного простирания. По результатам проходки скважин шнекового бурения был намечен объем заверочного колонкового бурения. Бурение поисковых

колонковых скважин осуществлялось в крест простираения геохимических ореолов золота. Скважины вскрыли рудные тела мощностью от 1,5 до 5 метров, со средневзвешенным содержанием золота от 1 до 6 г/т. Рудные тела коррелируются с аномальным геохимическим полем золота, выявленным по методикам ММІ и МЕFFA, но пиковые значения аномалий смещены в пространстве, относительно самых богатых рудных тел.

Геохимическая съемка с использованием современных методик (ММІ и МЕFFA) по сравнению с традиционной аналитикой (ПКСА) показала более высокую эффективность и контрастность в плане выделения аномальных зон на перекрытых четвертичными отложениями участках.

На основании проведенных работ, можно говорить о том, что рассмотренные методики (МЕFFA и ММІ) – это экспрессный метод оперативного выделения перспективных локальных участков. Данные методики будут эффективны для опоискования больших территорий с высокой мощностью перекрывающих четвертичных отложений с целью локализации участков для постановки дальнейших более детальных поисковых работ.

Лебедев В.И., Боровиков А.А., Гущина Л.В., Шабалин С.И.
(Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск)
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ РУДООБРАЗОВАНИЯ NI-CO-AS ($\pm$ U-AG),
CO-S-AS ($\pm$ AU-W), CU-CO-AS ($\pm$ SB-AG) МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Проблема источников рудообразующих растворов остается дискуссионной. Одни исследователи считают, что формирование собственно кобальтовых месторождений связано, в основном, с участием захороненных рассолов экзогенного происхождения, другие предполагают участие как магматических источников рудного вещества в виде металлоносных флюидов, так и захороненных рассолов экзогенного происхождения. Дополнительные данные об изотопном составе He, C, O и H в рудообразующих флюидах, формировавших руды Ni-Co-As (U-Ag), Co-S-As (Au-W) и Cu-Co-As (Sb-Ag) месторождений, позволяют: охарактеризовать процессы рудообразования гидротермальных кобальтовых месторождений; определить специфику участия в формировании руд магматогенных (мантийных) флюидов и роли их смешения с экзогенными водами. Методика выявления особенностей генезиса собственно кобальтовых гидротермальных месторождений включала: минералогическое изучение состава руд различных формационных типов; геохимические исследования продуктивной кобальтовой и сопутствующей Au-Ag минерализации в рудах разных минеральных типов; сравнительный анализ состава растворов и газовой фазы флюидных включений. На основе термодинамического компьютерного моделирования установлены главные факторы рудоотложения на кобальтовых месторождениях, выявлены физико-химические факторы отложения самородных золота и серебра, а также платины и палладия в рудах этих месторождений.

Результаты исследований позволяют сформулировать ряд выводов:

1. Обоснована вероятность полигенности источников вещества и растворов в формировании собственно кобальтовых месторождений, а также важной роли процессов смешения и разбавления эндогенных растворов метеорными водами.

2. Реализована методика исследования особенностей генезиса собственно кобальтовых гидротермальных месторождений, включающая: минералогическое изучение состава руд различных формационных типов; геохимические исследования продуктивной кобальтовой минерализации для выяснения особенностей распределения Au, Ag и ЭПГ в рудах разных минеральных типов; сравнительный анализ состава растворов и газовой фазы флюидных включений.

3. Определены параметрические характеристики состава рудообразующих флюидов разных типов кобальтовых месторождений для решения вопроса о роли физико-химических факторов в накоплении повышенных концентраций в них благородных металлов.

4. На основе термодинамического компьютерного моделирования установлены главные факторы рудоотложения на кобальтовых месторождениях, выявлены физико-химические параметры отложения самородных золота и серебра, а также ртутистого серебра, платины и палладия в рудах этих месторождений.

Полученные данные могут послужить базой для разработки корректных генетических моделей рудообразующих систем собственно кобальтовых месторождений и содействовать решению проблем их поиска.

Исследования выполнены в лаб. 217 ИГМ СО РАН по Государственному заказу в рамках проекта 0330-2016-0001.

**Лежнин А.А. (АО «ЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ»),
Фишкин О.Н. (ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ»)
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ХОГГАРА**

Проведены исследования по выделению прогнозных площадей (объектов), рекомендуемых для постановки поисково-оценочных работ на золото в проект Среднесрочной программы развития ресурсной базы твердых полезных ископаемых Хоггара и Юго-Запада Алжира.

На юге Сахарской области Алжира в металлогенической провинции Хоггар выявлено более 700 проявлений и точек золоторудной минерализации (включая 7 золоторудных месторождений). Прогнозные площади, рекомендованные для проведения поисково-оценочных работ на золото (34 – первоочередные и 22 – второй очереди), в основном представляют собой недостаточно изученные участки золоторудных зон, золотоносность которых выявлена поисково-съёмочными работами масштаба 1:200 000 и на локальных участках поисками масштаба 1:50 000. В пределах нагорья Хоггар не проводились систематические поиски россыпей золота; не осуществлялись и кустарные разработки россыпей.

В Сахарском регионе с начала палеогена климатическая зональность в общих чертах была такой, как и в современный период (Страхов, 1960). Отмечается повышение влажности в эоцене и в миоцене. В Сахарском регионе в позднем плейстоцене и голоцене фиксируются три фазы речной деятельности (Clark., 1977). С плювиалами связаны кайнозойские эпохи россыпеобразования.

Россыпи золота (элювиально-делювиальные, пролювиальные и аллювиальные) опробованы слабо и только на отдельных участках. Поисковые, преимущественно шурфовочные линии редки, а объем пробы по проходкам незначителен (0,02 м³). На участке Хафид рудного поля месторождения Текуйат опробованы элювиально-делювиальные шлейфы вблизи выходов кварцевых жил. Среднее содержание золота составило 2,3 г/м³. Прогнозные ресурсы делювиальных россыпей только на этом участке составили 300 кг (Лайфа и др., 1972). Россыпная золотоносность выявлена в сухих долинах (уэдах) на следующих площадях: аллювиальные россыпи района Силет (содержание золота до 3–6 г/м³) и россыпь р. Tamsenante в районе золоторудного месторождения Текуйат (содержание золота 1,1 г/м³ на пласт мощностью 2,0 м).

Золото-кварцевая и золото-сульфидно-кварцевая рудные формации большинства месторождений и рудопроявлений Хоггара являются россыпеобразующими. Прогнозные ресурсы аллювиальных россыпей (категории P₂ и P₃) оценены по линейной продуктивности в пределах полосы золоторудной минерализации. Исходя из выявленных параметров россыпей

единичных объектов, и с учетом прерывистости контуров в расчет были приняты два осредненных показателя продуктивности: в пределах зон с выявленной коренной золотоносностью – 50 кг/км; на других перспективных участках – 30 кг/км. В контурах прогнозных золоторудных площадей нами выделены 72 участка долинной сети как предположительно россыпеносные объекты. Суммарный объем прогнозных ресурсов золота россыпей составил более 38 т. В целом потенциал россыпной золотоносности Хоггара более значителен.

Рекомендуется в условиях Хоггара поиски и оценку россыпей золота осуществлять буровым методом с проходкой линий контрольных шурфов. Детализация строения рельефа осуществляется на основе составления схематической геоморфологической карты масштабов 1:50 000 – 1:10 000.

Лоренц Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ И ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ В ПРЕДЕЛАХ МЕЗОЗОЙСКИХ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ЧУКОТКИ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЕВ ПОИСКА И ОЦЕНКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ КУВЕТ-РЫВЕЕМСКОЙ И ЗОЛОТОГОРСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОН

В 2008–2019 гг. автором проводилось изучение вещественного состава руд и окколорудных метасоматитов золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых проявлений Кувет-Рывеемской и Золотогорской металлогенических зон, что позволило разработать критерии поисков и оценки золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых объектов. Например, в жильно-прожилковых зонах золото-кварцевых проявлений, тяготеющих к поясам даек гранит-порфиров ичувеемского позднемелового комплекса, главными рудными минералами являются пирит, арсенопирит, галенит и сфалерит, а второстепенными – тетраэдрит, буланжерит, бурнонит и самородное золото I-й генерации (как мелкое, так и крупное), образующее дендриты, а также сростания с кварцем и сульфидами. Кроме того, было выделено 8 эндогенных минеральных комплексов, из которых главным продуктивным является золото-галенит-арсенопирит-карбонат-кварцевый комплекс. Также было установлено, что наиболее перспективными являются жильно-прожилковые зоны, сложенные мелкозернистым желтовато-белым кварцем с вкрапленностью минералов главного продуктивного комплекса и высокими содержаниями золота и его элементов-спутников (As, Pb, Ag, Sb и Bi), что сближает эти проявления с другими золото-кварцевыми объектами Чукотки, отвечающими сульфоантимонитовому минеральному типу (Совиное и др.).

Жильно-прожилковые зоны золото-сульфидно-кварцевых проявлений участка Каменный пик залегают в березитизированных гранодиоритах правотелекайского раннемелового комплекса и отличаются широким развитием арсенопирита II, в котором наблюдается тонкодисперсное и тонкое самородное золото I в сростании с висмутином, самородным висмутом и теллуrowисмутитом, что сближает их с другими золото-сульфидно-кварцевыми объектами Чукотки (Палянгай, Лосиха), отвечающими золото-теллуридно-висмутовому типу. При этом наиболее перспективными являются жильно-прожилковые зоны и линейные штокверки, локализованные в сложенные светло-серым кварцем с густой вкрапленностью минералов золото-висмут-висмутин-арсенопирит-кварцевого и золото-тетраэдрит-галенит-пирит-кварцевого комплексов, отличающиеся высокими содержаниями золота и его элементов-спутников (As, Bi, Co, Pb, Cu, Ag, Sb и Te).

Что же касается Золотогорской металлогенической зоны (проявления Вольный и Галени-товый), то здесь золото-сульфидно-кварцевые минерализованные зоны, тяготеющие к бере-зитизированным субвулканическим образованиям среднего и кислого состава вольнинского раннемелового комплекса, отличаются широким развитием галенита, тетраэдрита и бурнони-та при умеренном развитии арсенопирита. Самородное золото образует как тонкодисперсные кристаллические выделения в арсенопирите II, так и тонкие и мелкие интерстиционные вы-деления и сростки с галенитом и бурнонитом, что позволяет отнести проявления Вольный и Галени-товый к сульфоантимонитовому типу (объект-аналог – месторождение Берёзовское на Урале).

Полученные результаты позволили выявить золото-(сульфидно)-кварцевые зоны сульфоан-тимонитового и золото-теллуридно-висмутитового типов на объектах поисковых работ за счёт средств федерального бюджета в пределах Кувет-Рывеевской и Золотогорской металлогени-ческих зон. В частности, в 2018–2019 гг. в процессе разбраковки потенциально золотонос-ных зон участка Вольный (Золотогорская площадь) были выявлены наиболее перспективные вкрапленно-прожилковые зоны, в пределах которых силами АО «Северо-Восточное ПГО» (АО «Росгеология») планируется проведение горно-буровых работ.

**Мансуров Р.Х., Миляев С.А., Мерзликин А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕДЕНИЯ ПОИСКОВ
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ЕНИСЕЙСКОМ КРЯЖЕ**

Енисейский кряж представляет собой территорию со сложными горно-таежными ланд-шафтами «закрытого» типа, что выражается в широком развитии моховых и гумусово-торфя-ных слоев повышенной мощности. Большая часть территории Енисейского кряжа покрыта темнохвойной тайгой, формирующейся на мерзлотных горно-подзолистых и дерново-сла-боподзолистых почвах. В условиях развития островной многолетней мерзлоты с тальми грунтами помимо открытых ореолов формируются неглубоко погребенные, нередко оторван-ные ореолы рассеяния. Смещенные рыхлые образования перекрывают выходящие ниже по склону рудоносные коренные породы, а также их ВОР. В таких условиях стандартные гео-химические методы поисков могут оказаться малоэффективными, поскольку информативный (ближнего сноса) слой, как правило, перекрыт дальнепринесенными делювиальными отложения-ми.

При составлении схем ландшафтного районирования используются почвенные, геоморфо-логические, топографические (космические) и геологические карты.

При районировании территории по условиям ведения и методам ведения геохимических поисков можно выделить три категории областей, различающихся по ландшафтно-геохими-ческим особенностям, в первую очередь – по степени обнаженности коренных пород и типу ореолов рассеяния.

К I категории относятся наиболее возвышенные участки с хорошей обнаженностью (водо-разделы, верхние части склонов, возможно склоны южной экспозиции), вторичные ореолы – открытые или приповерхностные.

II категория – области плоскогорья, нижние части склонов с плохой обнаженностью, не-глубоко погребенные ВОР золота (для выделения аномалий золота необходимо применение шлихо-минералогического метода с опробованием с глубины 1,0–1,5 м).

III категория – это низменные равнины с мощным плащом рыхлых отложений, ореолы зо-лота глубоко погребенные.

Методика прогнозно-поисковых работ должна обязательно предусматривать проведение опережающего ландшафтно-геохимического районирования – с учетом этого могут быть существенно скорректированы методы исследований (вид работ, целесообразность геолого-поисковых маршрутов, глубина опробования и др.).

Необходимость проведения ландшафтно-геохимического районирования показана на примере поискового участка Буреминский, расположенного на восточном склоне Енисейского кряжа в пределах Тужимского прогнозируемого золоторудного узла, на площади которого проявлены все три типа ландшафтных условий. На участке Буреминский недавними поисковыми работами ФГБУ «ЦНИГРИ» выявлено 2 аномальных геохимических поля (АГХП) золота. Ландшафтное районирование показывает, что эти АГХП выявляются на площади развития ландшафтного типа I категории – на водоразделах и верхних достаточно крутых (более 15°) частях склонов.

Напротив, на пологих нижних и средних частях склонов, где преобладают ландшафтные условия II и III категории, выявляются лишь единичные точки с низкими (менее 0,05 г/т) содержаниями золота. С учетом того, что по геологическим признакам золотоносная минерализованная зона прослеживается на всем (около 10 км) протяжении вдоль разломной субмеридианально ориентированной рудоконтролирующей зоны складчато-разрывных деформаций, стандартное литохимическое опробование в таких условиях оказалось неэффективным. Для ландшафтных условий II категории необходимая глубина опробования должна составлять, как правило, не менее 1,0 м, поскольку информативный (ближнего сноса) слой делювия перекрыт дальнепринесенными отложениями. При развитии ландшафтов III категории опробование информативного слоя возможно лишь помощи проходки горных выработок (шурфов, бульдозерных расчисток и канав), а также пневмоударного бурения.

Ландшафтно-геохимическое районирование позволяет выделять типы ландшафтно-геохимических обстановок и с учетом этого корректировать технологию поисков.

Минькин К.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВУЛКАНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ ВАРИСЦИД ЮЖНОУРАЛЬСКО-ЦЕНТРАЛЬНО-КЫЗЫЛКУМСКОГО РЕГИОНА

Очевидная роль каменноугольных комплексов вулканогенных отложений в локализации известных золоторудных полей и месторождений, как на Южном Урале, так и сопредельной территории Центральных Кызылкум (Юго-Западный Тянь-Шань), сомнений не вызывает (Бородаевская М.Б. и др., 1952; Бородаевский Н.И., 1964, 1982; Сорокин В.Н. 1970; Курбанов Н.К. и др., 2004; Кучеровский П.Г., Минькин К.М., 1987, 2002 и мн. др.).

Вместе с тем, широко проявленные в варисцидах этого региона рассматриваемые комплексы вулканогенных пород, имеющие признаки принадлежности единой раннеорогенной субщелочной базальт-риолитовой формации, не отличаются повсеместной золотоносностью.

Нами, на основе оригинальных и компилятивных данных, проведено сравнение характера золотоносности базальтоидов в составе комплексов вулканогенных пород каменноугольного возраста, представленных контрастной субщелочной базальт-андезибазальт-(дацит)риолитовой серией, проявленных в различных геотектонических обстановках. Рассматриваемые комплексы приурочены к варисским рифтогенным грабен-синклиналиям, сформированным в зонах глубинных разломов на гетерогенном основании, в трех типовых для рассматриваемого региона геотектонических обстановках:

- энсиматическо-энсиалической геоантиклинальной Южно-Букантауской СФЗ Центральных Кызылкум, являющейся южным продолжением Восточно-Уральских геоантиклинальных СФЗ;

- энсиалическо-энсиматической преддуговой Вознесенско-Присакмарской СФЗ Южного Урала;
- энсиматической междугеового прогиба Центрально-Магнитогорской СФЗ Южного Урала.

В Южно-Букантауской СФЗ с вулканогенными комплексами Бозтау-Кокпатасской рифтогенной синклинали связан ряд рудных полей и месторождений золото-сульфидных руд. Золото-сульфидные (пирит-арсенопиритовые) руды тесно ассоциируют с субщелочными базальтоидными отложениями К-Na серии ($K > Na$). Рудоносно-рудовмещающие субщелочные базальты характеризуются высокими фоновыми содержаниями золота (0,0095 г/т).

В Присакмарско-Вознесенской СФЗ рудоносно-рудовмещающие базальты и ассоциирующие с ними месторождения золото-сульфидных руд приурочены к Миндякской рифтогенной грабен-синклинали. Базальты субщелочные К-Na серии ($Na > K$). Фоновые содержания золота в базальтоидах определены на уровне 0,003–0,018 г/т и в среднем достигают 0,008–0,012 г/т. Минеральный тип руд – золото-пиритовый (пирит-мышьяковистый).

В Центрально-Магнитогорской СФЗ, в пределах Богдановского рифтогенного грабена, базальтоиды березовской свиты тесно ассоциируют с железорудными месторождениями. По составу базальты отвечают калий-натриевой серии с существенным преобладанием оксида натрия ($Na \gg K$). Содержания золота в базальтах березовской свиты 2,7 мг/т. Содержание золота в сернистых рудах составляет менее 0,04 г/т.

Важным представляется отметить то, что как геохимическая специализация на золото, так и продуктивность на золотое оруденение базальтоидных отложений субщелочной базальт-риолитовой формации проявляются в рифтогенных обстановках на коре смешанного (энсиматическо-энсиалического, энсиалическо-энсиматического) типа. Конкретный состав рассматриваемых базальтоидов, как и минеральный тип руд золота, могут быть связаны с особенностями соотношения фемической и салической составляющими коры.

Мовланов Ж.Ж., Турапов М.К., Абдуллаев Л.А., Седельников Л.В.

(ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНЫЙ НУРАТАУ НА ЗОЛОТО

Разработка научно обоснованных критериев прогнозної оценки территории на твёрдые полезные ископаемые с целью выделения первоочередных перспективных площадей, а также совершенствование методов прогнозных исследований и поисковых работ – одна из важнейших задач современного этапа развития геологии Узбекистана.

Увеличение масштабов добычи благородных цветных и редких металлов, вовлечение в сферу промышленного использования нетрадиционных и новых видов минерального сырья предопределяет необходимость осуществления прогнозных исследований во всех этапах и стадиях геологического изучения территории Узбекистана.

В этой связи особое значение в повышении эффективности геологоразведочных работ имеет научно обоснованный выбор первоочередных перспективных площадей для постановки поисковых и геологосъёмочных работ с комплексированием прогнозных исследований с вовлечением данных по геохимии, минералогии, геофизики, космогеологии и геодинамики [2, 5, 6]. Успех этих исследований и геологоразведочных работ во многом зависит от разработанности теории и методики прогнозных исследований и геологоразведочных работ, достоверности

выявленных закономерностей формирования и размещения оруденения и критериев перспективной оценки изученной территории на тот или иной вид полезных ископаемых.

Необходимо указать, что до настоящего временно нет методических руководств по проведению прогнозных исследований в региональных масштабах, в пределах конкретных регионов, рудных поясов, рудных зон и районов. Существуют рекомендации по принципам и методам прогнозных исследований, которые нашли своё отражение в трудах Ю.А.Билибина, В.И.Смирнова, К.И.Сатпаева, И.Г.Магакьяна, А.Ю.Шеглова, В.А.Кузнецова, Г.А.Твоячрелидзе, Д.В.Руднквиста, Н.П.Лаворова, С.В.Григоряна, Ф.И.Вольфсона, У.А.Асаналиева, Л.И.Лукина, А.В.Королева, П.А.Шехтмана, В.П.Федорчука, Н.А.Кинифорова, В.А.Королева, Х.А.Акбарова, Ю.С.Шихина, Р.Р.Исакова, В.Я.Зималиной, Д.И.Горжевского, Г.Ф.Яковлева и других. Прогнозирование в их понимании – анализ всей совокупности геологических данных с целью выявления наиболее вероятных мест (участков) локализации оруденения, определения типа руд, их масштабов и условий залеганий в земной коре.

Несмотря на достигнутые большие успехи в прогнозировании, вопросы разработки теории и практики проведения прогнозных исследований для отдельных регионов Узбекистана, для отдельных металлов и комплексных руд, остаются не вполне решенными. Кроме того надо учесть, что в последние годы появились новые методы исследований – как изучение напряженности и деформации (тектонифизические методы), метод реконструкции геодинамической обстановки различных этапов развития земной коры (участки проявления эндогенной минерализации), метод компьютерной технологии прогнозирования. Кроме того, усовершенствованы методы геолого-структурного анализа условий размещения оруденения, космогеологические и геофизические методы исследований и т.д. Полученные данные которых позволят пересмотреть закономерности формирования и размещения эндогенного оруденения, разработать новые критерии прогнозной оценки, комплексирование которых повысит достоверность прогнозных исследований и эффективности поисковых работ.

В этом аспекте особое место занимает комплексирование геологических, геохимических и дистанционных методов исследований, результаты которых могут прямо указать на наличие промышленно значимого оруденения. Постановка такой задачи очень важна для территории Западного Узбекистана, в частности Нуратинского регионе, где большая часть территории закрыта мезо-кайнозойскими образованиями.

В основе данной работы лежат геологические материалы личных исследований авторов по изучению золоторудного оруденения Северного Нуратау геолого-структурными и дистанционными методами с целью выявления позиции благоприятных для обнаружения промышленного золотого оруденения проведенных в 2013–2016 гг.

В региональном структурном плане изучаемая территория – западное окончание Северного Нуратау входит в состав Заравшано-Туркестанской структурно-формационной зоны с золото-редкометалльным металлогеническим обликом. В геологическом строении участвуют докембрийские, палеозойское и мезо-кайнозойские образования. Магматические образования представлены плутоническими породами, слагающими Мадаватский и Темиркабукский интрузивы, дайки Муллакамалья и Кансая [4].

На сегодняшний день здесь обнаружено ряд проявлений золота среди которых выделяются месторождения Чармитан, Пистали, Сармич и Марджанбулак, которые геологически детально изучены, определены закономерности их формирования и размещения в них золото оруденения, подсчитаны запасы.

Молчанов А.В., Терехов А.В., Шатов В.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)
НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЗОЛОТОНОСНОСТИ АЛДАНО-СТАНОВОЙ
МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ
НОВЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ
ГЕОЛОГО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ РАБОТ

Алдано-Становая металлогеническая провинция является уникальным рудоносным блоком земной коры, как по числу и масштабам выявленных золоторудных месторождений, так и по перспективам обнаружения здесь новых объектов, не открытых ранее. Однако, вследствие интенсивной многолетней золотодобычи, сырьевая база россыпного и рудного золота, сосредоточенного в уже известных промышленных объектах серьезно истощена.

В тоже время работы, проведенные в рамках создания Госгеолкарт-1000 третьего поколения (О-50, 51, 52, 53, N-50,51,52,53) и ГДП-200 (О-52-XXVI, XXVII и О-51-XIX), а также поисковые работы, выполненные силами ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология» при участии ФГБУ «ВСЕГЕИ» на локальных участках в Центрально-Алданском рудном районе, показали их значительные перспективы на выявление новых месторождений золота, как традиционных для Алдано-Становой провинции, так и новых геолого-промышленных типов. Достаточно упомянуть выявленное недавно месторождение золота Морозкинское (Гора Рудная) в пределах Лебединского рудного узла. Таким образом, перспективы увеличения минерально-сырьевой базы золота Алдано-Становой металлогенической провинции, весьма велики.

Золотое оруденение, парагенетически связанное со штоками, лакколитами и дайками сиенитов и монзонитов, а также широким развитием ареалов гидротермально-метасоматических образований гумбеитового и березитового типов, локализовано в пределах наиболее крупного Лебединского, а также Джекондинского, Рэдэргинского, Ыллымахского рудных узлов Центрально-Алданского рудного района. Данный тип оруденения является для Центрального Алдана основным россыпеобразующим источником золота. Оно характеризуется относительно высоким содержанием золота (тонкодисперсное и самородные формы) в десятки г/т, повышенной сереброносностью руд (до сотен г/т), высокими (до промышленных) содержаниями меди (до 8%), свинца, цинка, висмута, вольфрама, молибдена; в отдельных рудных телах минералогически установлено наличие минералов платиновой группы. Оруденение имеет большой вертикальный размах, локализуясь как в породах архейского фундамента (прослежено до глубины 100–120 м), штоках, силлах и дайках сиенитов (тип морозкинский или «гора Рудная»), так и в нижней части карбонатной толщи венда-нижнего кембрия и алевропесчаной толще нижней юры («лебединский» тип).

Оруденение, представленное месторождениями Куранахского рудного узла, является своеобразным «куранахским» геолого-генетическим типом, который уже 30 лет составляет основу минерально-сырьевой базы Куранахского ГОКа и Центрально-Алданского района. Руды вмещаются линейными микрограбенами, трассирующимися зонами долгоживущих региональных разломов северо-западного и субмеридионального простирания.

Формирование оруденения «куранахского» типа связано с интенсивным проявлением щелочного метасоматоза в виде послойных пластовых залежей пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов (гумбеитов) в карбонатных породах нижнего кембрия, песчаниках юры, а также в пределах долгоживущих региональных разрывных нарушений.

Оруденение Эльконского золото-урановорудного узла локализовано в пределах двух структурно-вещественных блоков (северо-западного и юго-восточного), граница между которыми проходит по Курунг-Юкунгринскому разлому. В пределах выделенных блоков нами

ранее установлена область развития «эльконского» (Au,U), «рябинового» (Au-Cu) и комбинированного «элькон-рябинового» (Au-Cu+Au-U) типов оруденения, связанных с процессами гумбеитизации.

Рудопроявления золото-медно-порфирового типа (тип морозкинский или «горы Рудной») также известны в пределах Томмотского, Якокутского, Джекондинского и Ыллымахского массивов центрального типа.

Прогнозная оценка Центрально-Алданского района связывается с поисками новых типов оруденения (Морозкинское месторождение) с открытой добычей и переработкой, как на Куранахской ЗИФ, так и внефабричным способом – методом кучного выщелачивания.

В пределах Олдонгсинского рудного узла известны многочисленные рудопроявления и проявления (Тасмиелинское, Ветвистое, Черничное и Олдонгсо) золото-урановой минерализации, относимые к золото-урановой формации в гумбеитах и гумбеитизированных породах в проницаемых слабо метаморфизованных углеродсодержащих терригенных породах ханинской свиты. Локальный структурный контроль оруденения осуществляется маломощными зонками брекчирования, рассланцевания, будинажа, межпластовыми срывами и трещинами кливажа осевых поверхностей складок, картируемых в толще тонкозернистых, как правило, углеродсодержащих метаосадков ханинской свиты. Рудоносными породами являются интенсивно гумбеитизированные тектониты, картируемые в горизонтах углеродсодержащих метапелитов. Общая мощность зон интенсивной рудосопровождающей гидротермально-метасоматической проработки достигает 60 м. Прожилково-вкрапленное оруденение развито в пирит-барит-карбонат-кварц-адуляровых метасоматитах и микробрекчиях. По аналогии с другими золоторудными узлами предположительно возраст основного оруденения является мезозойским, так как в данный период в пределах Алданского щита наиболее активно проявлены процессы рудогенеза генетически и парагенетически связанные с тектоно-магматической активизацией.

На территории Верхне-Амгинского потенциального рудного района широко распространены проявления золота, аналогичные оруденению куранахского и лебединского типов Центрально-Алданского района. Оруденение Куранахского типа локализуется на контакте нижнекембрийских и юрских отложений, развитых на юге и на востоке ПРР. На Верхне-Оларбахском проявлении «куранахского» типа в подошве юрских песчаников развиты площадное окварцевание, сульфидизация, гематитизация, кальцитизация и присутствует до 2,9 г/т золота и 1,4 г/т серебра в брекчированных песчаниках базального слоя юры. Ниже по разрезу в доломитах кембрия выделены золоторудные проявления с содержанием золота от 3,5 до 4,6 г/т. Рудоносные гидротермально-метасоматические образования установлены так же по ручью Онхой, где кавернозные окварцованные доломиты венда содержат золота 0,4 г/т золота, а доломиты с оолитами гематита на контакте с юрой 3,5 г/т золота.

В пределах Верхнеамгинской золотоносной площади коренная золотоносность лебединского типа пространственно совмещена с россыпной. Соответственно, наличие россыпей, особенности их размещения и характер распределения золота следует учитывать как поисковые признаки и критерии при определении общих перспектив коренной золотоносности.

Верхне-Токкинский рудный район расположен в пределах Чаро-Олекминского блока Алдано-Станового щита и тяготеет в структурном отношении к Угуйской грабен-синклинали.

В южной части Верхне-Токкинского рудного района, в субширотной зоне взбросо-надвиговых дислокаций – Кондинской зоне разрывных нарушений, ограничивающей Угуйскую грабен-синклиналь с юга, в 80-х годах прошлого столетия были выявлены золоторудные месторождения – Таборное и Гросс, разрабатываемые в настоящее время подразделением NORDGOLD ООО «Нерюнгри-Металлик». Содержание золота на месторождениях варьируют

от 0,42 до 1,33 г/т. При этом запасы золота на месторождении Таборное составляют 28 т, на месторождении Гросс – 150 т.

В результате работ, проведенных ФГБУ «ВСЕГЕИ» по выполнению ГДП-200/2 листа О-51-ХІХ, были получены данные, указывающие на возможность выявления на юго-восточном фланге Угуйской грабен-синклинали, месторождений золота типа Гросс и Таборное. В частности, в районе закартированы поля в разной степени проявленности низкотемпературных гидротермально-метасоматических образований – гумбеитов, зоны интенсивной трещиноватости терригенных отложений позднепротерозойского возраста, дайковые и силлоподобные тела щелочных пород мезозойского этапа развития региона, геохимические аномалии элементов спутников золотого оруденения.

Прогнозные ресурсы категории P_3 – юго-восточной части Угуйской грабен-синклинали оцениваются нами в 105 т золота.

В пределах Ломамского перспективного района известны проявления золота, меди, никеля, серебра, лития, свинца, молибдена, графита и редкоземельных элементов.

Из выявленных в районе рудных полезных ископаемых наиболее ценным является рудное золото. Ареалы проявления золоторудной минерализации пространственно связаны с узлами мезозойских магмопроявлений. При этом четко прослеживается аналогия между рудоконтролирующими факторами геологических структур Центрально-Алданского золоторудного района и Ломамского потенциального золоторудного района, что позволяет рассчитывать на возможность выявления в оцениваемом ПРР золотого оруденения типа «Горы Рудной» и «Лебединского» типа с умарными ресурсами по категории P_3 – 429 т.

В пределах интрузивного массива «Голец Билибина» при составлении государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000 первого поколения было выявлено золоторудное проявление. Приуроченность этого проявления к кольцевой интрузии центрального типа, а также его локализация в гидротермально-метасоматических образованиях кварц-микроклин-серицитового состава, развивающихся по сиенитам лейцитит-щелочносиенитовой формации позволяют отнести его к проявлению типа месторождения Морозкинское («Горы Рудной»). В ходе полевых работ 2016-2017 годов, выполненных Ломамским отрядом Алданской партии ФГБУ «ВСЕГЕИ» в пределах «гольца Билибина» встречены зоны дробления видимой мощностью от 10 до 150 м, протяженностью 850 м. Минерализованные зоны представлены аргиллизитами по сиенитам и граносиенитам. В южной части массива выявлены березитовые образования, которые слагают зону шириной 33 м. Содержания золота в аргиллизитах достигают 0,01 г/т, в березитах – 1,9 г/т. Рудоносные метасоматиты подвержены гипергенным процессам: встречены новообразования окислов железа и марганца, каолинита, лимонитизированные песчано-глинистые массы. Выявление практически значимого оруденения типа Горы Рудной возможно в пределах Билибинского и Чайдахского массивов.

Группой Амарского В.Г. в 1975 году в ареале развития северо-восточного экзоконтакта Билибинского интрузива и в юго-восточном экзоконтакте Чайдахского интрузива на участках Северный (в пределах гольца Гигантеус) и Восточная Эхюнда поисковыми канавами и скважинами вскрыты золоторудные интервалы мощностью от 0,6–1,4 м до 2,5–3,3 м и полтора десятка рудопроявлений, отнесённых авторами к «лебединскому» типу. Большинство рудопроявлений локализуется в зоне пересечения разломов северо-восточного и северо-западного простирания. Золоторудные проявления встречены в породах докембрийского фундамента, мезозойских штоках, силлах, дайках сиенитов, в карбонатной толще венда-нижнего кембрия и терригенной толще нижней юры. Парагенетически золото сопряжено с ареалами магмопроявлений монцонит-сиенитовой формации. Оно установлено в пирит-кварцевых, гематит-пирит-кварцевых,

пирит-карбонатных, полисульфидно-тремолитовых, кварц-карбонат-галенитовых ассоциациях. Наиболее продуктивный рудовмещающий горизонт приурочен к нижней части юдомской свиты. Гидротермально-метасоматические окolorудные изменения, связанные с формированием золото-сульфидного оруденения «лебединского» типа, локализуящегося в карбонатной толще, проявлены карбонатизацией (анкеритизация, кальцитизация), перекристаллизацией кремней, оталькованием, серпентинизацией, тремолитизацией, в меньшей мере, пиритизацией. Гидротермально-метасоматические процессы в районе носили полистадийный характер. По мере остывания интрузивных тел вмещающие породы претерпели следующие изменения: на экзоконтакте с интрузиями происходило скарнирование венд-кембрийских доломитов, последовавшая далее пропилитизация, затронула большую часть территории района. С более поздними процессами березитизации связано формирование золоторудной минерализации. В ходе работ 2016–2018 годов по ГДП-200 листа О-52-XXVII, выполненных Ломамским отрядом Алданской партии ФГБУ «ВСЕГЕИ», обнаружены рудоносные березитовые образования в венд-кембрийских доломитах и в нижних частях юхтинской свиты юры, которые также указывают на перспективы выявления в пределах ПРР оруденения «лебединского» типа. По данным лабораторных исследований бороздовых проб, отобранных из канав пройденных в крест потенциальных рудных зон, содержание золота в березитах достигает 33 г/т. Кроме того, в отдельных пробах зафиксированы содержания серебра – до 1740 г/т, свинца – до 0,45%, цинка – до 0,62%, висмута – до 0,44%, меди – до 751 г/т, молибдена – до 848 г/т, мышьяка – до 404 г/т, лития – до 62,3 г/т, сурьмы – до 30,7 г/т, вольфрама – до 25,5 г/т и теллура – до 86,2 г/т.

**Муравьев В.С., Гвоздева И.А., Бондаренко Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАРТИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,
КОНТРОЛИРУЮЩИХ ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (ДЗЗ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОГО
ФЛАНГА ЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ**

В настоящее время применение дистанционных методов является актуальным для картирования структурных элементов, контролирующих золотое оруденение, так дешифрирование геологических комплексов служит дополнительным обоснованием проведения прогнозно-минерагенических работ, осуществляемых ФГБУ «ЦНИГРИ» в рамках выполнения государственного задания № 049-00015-19-00.

Для адаптации метода были выбраны Хобойоту-Эчийская (Республики Саха (Якутия)) и Ветренская (Магаданская область) площади на юго-восточном фланге Яно-Колымской складчатой области, где широко распространены терригенные комплексы позднепалеозойско-раннемезозойского возрастов и позднемезозойские интрузивные массивы кислого состава.

Для обеих площадей характерна приуроченность золотой и золото-серебряной минерализации к тонкопереслаивающимся породам с повышенными содержаниями рассеянного углерода.

Для Хобойоту-Эчийской площади – это отложения средне-верхнекаменноугольного – нижнепермского возрастов, представленные тонкопереслаивающимися алевролитами, аргиллитами и песчаниками с рассеянным органическим веществом (сапропель) и повсеместно пиритизированными в объеме солончакской и кыгылтасской свит. Для толщ пермского, триасового и юрского возрастов характерно переслаивание мощных песчано-глинистых и

галечно-глинисто-песчаных пачек с отдельными крупными пластами песчаников. Таким образом, потенциально рудоносные отложения представляются контрастной по отражающей способности толщей.

На Ветренской площади рудовмещающими являются тонкопереслаивающиеся углистые, углисто-глинистые и глинистые сланцы норийского яруса триасовой и геттангского яруса юрской систем. Обе толщи, несмотря на их разный возраст, существенно отличаются от остальных пород терригенного комплекса пермь-триасового возраста, представленных переслаивающимися песчаниками и алевролитами: потенциально рудоносные толщи контрастно выделяются в отраженном спектре.

В качестве наиболее широко используемой технологии в ДЗЗ выступает категория обработки мультиспектральных космических снимков, полученных с космических аппаратов, где в качестве съемочной аппаратуры использовалось многоканальное оборудование, регистрировавшее электромагнитное излучение в различных диапазонах. Обработка таких данных позволяет комбинировать спектральные каналы для получения максимальной информации из изображения – синтезированного мультиспектрального растрового композита.

Для относительно незначительных площадей достаточно использование распространяемых в свободном доступе снимков с относительно высоким пространственным разрешением (30 м/пикс) – космических снимков Landsat 8, несущего на борту многоканальный сканирующий радиометр OLI, позволяющий получать изображения в 9 спектральных каналах, в том числе и в инфракрасном диапазоне.

Опираясь на публичные интернет-источники был проведен предварительный и опытный анализ как комбинаций каналов, так и программного обеспечения (ПО), необходимого для работы со снимками.

В процессе исследования было обосновано использование нескольких специализированных программных продуктов, таких как ITT ENVI 4.7, ERDAS Imagine 2011, ArcGIS Desktop 10.6, QGIS 2.18/3.4 + GDAL, MultiSpec, способных производить синтез спектральных каналов для продукции, производимой большинством спутников ДЗЗ.

В качестве дополнительной технологии визуализации данных была проведена адаптация оперативного создания трехмерной цифровой модели местности (ЦММ). При помощи инструментов ПО QGIS были созданы ЦММ путем совмещения цифровой модели рельефа GMTED2010 и синтезированного мультиспектрального композита (с использованием модуля Qgis2threejs). Наиболее перспективным направлением применения подобной ЦММ является его использование при подготовке обоснования прогнозно-минерагенических работ.

Применение спутниковых мультиспектральных растровых данных ДЗЗ с последующей их соответствующей цифровой обработкой позволяет относительно недорого и быстро получать достаточно достоверную геологическую информацию. На примере Хобойоту-Эчийской и Ветренской площадей использование составленных мультиспектральных растровых композитов в выбранных спектрах в совокупности с другими дистанционными методами позволяет более четко оконтуривать магматические массивы кислых пород, а терригенные тонкослоистые углеродистые толщи выделяются тонкоперистой окраской. Результаты адаптации метода составления мультиспектрального растрового композита могут быть использованы при подготовке обоснования прогнозно-минерагенических работ в качестве дистанционной основы.

Наталевич О.А. (ООО «Верданди»)
ПРОГНОЗ ЛОКАЦИИ СЛЕПОГО ОРУДЕНЕНИЯ
НА ОСНОВЕ 3D МОДЕЛИ СТРУКТУРНОЙ
СХЕМЫ СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Основные задачи:

- Прогнозирование и обнаружение ранее не изученных рудных зон, корректировка представлений о геометрии ранее обнаруженных рудных зон и тел и их структурной позиции.

- Прирост запасов и ресурсов.

Принципиальные положения:

- Господствующая геологическая идея всегда требует проверки и осмысления.

- Построение 3D структурной схемы месторождения должно быть реализовано на поисковой стадии, разведочный проект должен быть составлен на ее основе.

- Только первичная геологическая информация отвечает требованиям к целостности и актуальности данных.

- Начинать моделирование рудных объектов можно только после создания трехмерной структурно-геологической схемы, с привязкой рудных зон и тел к ее структурным элементам.

Оценка текущей ситуации:

- Структурная позиция месторождения зачастую игнорируется, либо освещается формально, что приводит к ошибкам при заложении буровой сети.

- Основным критерием определения простирания рудных зон по прежнему остается конфигурация ореолов вторичного литохимического рассеяния.

- Основным критерием определения угла падения рудных зон остается замер элементов залегания выходов на поверхность.

- В целом, методика работает только на обнаружение оруденения, имеющего выход на поверхность, что является лишь вершиной айсберга.

- Отсутствие представления о структурном строении месторождения приводит к катастрофическим ошибкам при оконтуривании рудных тел, что влечет за собой некорректную оценку запасов и финансовые потери.

Предлагаемые пути решения:

- Формирование единой базы данных первичной геологической информации, начиная с самых ранних стадий работ с использованием клиент-серверных технологий.

- Создание непрерывного информационного потока между участниками процесса с использованием многопользовательского режима и удаленного доступа к базе данных. Каждый пользователь отвечает за свой блок информации, фиксируются дата ввода и инициалы исполнителя.

- Подключение единой базы данных к ГГИС и работы по интерпретации первичной информации. Первичная информация при этом ни в коем случае не должна быть искажена. Необходимо создание рабочего места интерпретатора.

- Создание 3D структурной схемы месторождения на основе комплексного анализа данных: площадной геофизики, профилей томографии, геохимии, геологического картирования, рельефа местности. Выделение основных рудоконтролирующих элементов.

- Проектирование горных выработок, опираясь на структурную схему. Вскрытие и заверка перспективных участков.

- Оперативный контроль за ходом проведения ГРП, обеспеченный возможностью удаленного доступа к базе данных.

- Ресурсная оценка месторождения с учетом структурного строения.

Данный подход был апробирован на трех золоторудных месторождениях, регионально расположенных: Красноярский край, Забайкалье, Дальний восток в период 2011–2017 гг.

По двум из объектов получен значительный прирост ресурсной базы: спрогнозированы и обнаружены три слепые рудные зоны, еще две рудные зоны прослежены по простиранию в местах их погружения, что не рассматривалось как вариант до создания структурных схем.

На третьем объекте проведен аудит запасов, скорректированы представления о геометрии рудных тел и количестве запасов.

ГРР работы на двух объектах продолжаются, окончательная величина прироста ресурсной базы не определена и на сегодня составляет порядка 55–60 тонн золота.

**Наумов Е.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»),
Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Пальянова Г.А. (ФГБУН «ИГМ СО РАН»),
Войтенко В.Н. (ООО «Геологический центр СПбГУ»)
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ
ТОМОГРАФИИ ПРИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Использование методов высокоразрешающей рентгеновской компьютерной томографии High Resolution X-ray Computed Tomography (HRXCT), дающей трехмерную картину распределения различающихся по плотности фаз, в комплексном сочетании с традиционными методами исследования вещества (сканирующая электронная, просвечивающая микроскопия, микрозондовый и LA-ICP-MS анализ и др.), позволяет по-новому взглянуть на такие дискуссионные проблемы, как формы нахождения золота в сульфидах, закономерности его распределения и временные соотношения с другими минералами. В качестве примера применения данной методики авторами приведены результаты изучения методом высокоразрешающей рентгеновской компьютерной томографии распределения золота в арсенопирите золотосульфидных месторождений. Золото большинства золоторудных месторождений с вкрапленным типом оруденения сопряжено с сульфидами, обычно арсенопиритом (месторождения в черносланцевых толщах) или мышьяк-содержащим пиритом (месторождения Карлин-типа). Изучению тонкого невидимого золота (не обнаруживаемое традиционными методами оптической микроскопии) в сульфидах посвящено большое количество работ, что связано с необходимостью выявления форм его нахождения, установления временных взаимоотношений золота и сульфидов, разработки методик определения и технологических схем извлечения золота из «упорных» руд. При этом многие вопросы все также остаются неясными. Получить ряд новых данных, позволяющих частично решить эти вопросы, позволяет метод HRXCT. Трехмерная HRXCT реконструкция позволила выявить микровключения самородного золота в центральных частях игольчатых агрегатов арсенопирита месторождений Суздаль (Вост. Казахстан) и Олимпиада (Енисейский Кряж), хотя ранее предполагалось присутствие в подобных игольчатых кристаллах «невидимого» золота в неустановленной форме. Аналогичные исследования авторов обнаружили микровключения золота и в игольчатых кристаллах арсенопирита месторождения Олимпиада, также характеризующиеся повышенной золотоносностью (Naumov et al. 2015).

По данным микротомографических исследований выделений золота в крупных кристаллах арсенопирита руд Базовского месторождения (Якутия, Россия) выявлено, что золото проявляет избирательный характер кристаллизации не только внутри совокупности кристаллов арсенопирита в рудной зоне, но и среди кристаллографических направлений монокристаллов арсенопирита. Вопрос о том, являются ли эти кристаллографические направления плоскостями в

областях растяжения при деформации арсенопиритовых агрегатов или плоскостями наиболее энергетически благоприятными для кристаллизации золота, остается открытым (Войтенко, 2014).

В целом, метод HRXCT позволяет идентифицировать более плотные фазы, такие как включения самородного золота в кристаллах минерала-носителя без разрушения последнего. Применение данной методики позволяет: 1. Оценить количество включений самородного Au в матрице минерала- или породы-носителя и сделать выводы о степени золотоносности руды или породы. 2. Изучить пространственные закономерности распределения включений Au (приуроченности к определенным минералам, трещинам, граням роста кристаллов и т.п.) и оценить особенности морфологии зерен и прожилков без разрушения матрикса. 3. При комбинации этих методик возможно установить форму нахождения Au; определить, какой тип золота вносит наибольший вклад в продуктивность оруденения - включения самородного золота либо «невидимое» золото в виде наночастиц или структурной примеси. 4. Микро- и нано-рентгено-томографические исследования предлагают новые возможности для разработки эффективных технологий переработки руд с целью максимального извлечения полезного компонента.

**Несмеянова А.И. (ФГБУ «ВИМС»)
ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЗОЛОТО-РЕДКОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С
ГРАНИТОИДНЫМИ ИНТРУЗИЯМИ
ИНЬЯЛИ-ДЕБИНСКОГО СИКЛИНОРИЯ (ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЫМСКИЙ РАЙОН)**

Открытие в 80-90-х годах прошлого века крупнообъемных месторождений золота, связанных с гранитоидными интрузиями в золотоносном поясе Тинтин (Аляска, Юкон), привело к активизации поисков золото-редкометальных «штоковых» месторождений на Северо-Востоке России. К уже известным в регионе рудно-магматическим системам подобного типа приурочены месторождения Школьное (ранняя минеральная ассоциация), Бутарное, Малыш, Чепак и др., а также ряд рудопроявлений. В 2001 году в рамках Программы по выявлению и оценке крупнообъемных золоторудных месторождений на территории Магаданской области выполнено экономическое обоснование целесообразности выявления месторождений в гранитоидах, намечены основные направления геологоразведочных работ и проведена оценка ресурсного потенциала, равная 8000–8500 т золота.

На основании априорной прогнозно-поисковой модели золотого оруденения, связанного с гранитоидными штоками, разработанной во ФГУП ЦНИГРИ, в пределах Иньяли-Дебинского синклинория выделены восемь перспективных рудопроявлений, на четырех из которых (Прииское, Чистое, Делянкир и Рыжее) в 2012–2014 гг. проведены поисковые работы.

Золото-редкометальная минерализация, установленная на рудопроявлениях, приурочена к апикальным и экзоконтактовым частям позднеюрских-раннемеловых малых интрузий диорит-гранодиорит-гранитного состава, становление которых в значительной степени обусловлено мезозойским коллизионным магматизмом. По своему морфоструктурному типу рудопроявления подразделяются на изометричные штокверки в роговиках проксимальной зоны (рудопроявления Прииское, Чистое) и штокверки прожилково-вкрапленных руд в гранитоидах (рудопроявления Делянкир, Рыжее). Основным полезным компонентом руд является самородное золото. Сульфидные минералы представлены арсенопиритом, лёллингитом, минералами висмута и теллура, реже галенитом, сфалеритом, шеелитом, молибденитом. Метасоматические изменения включают калишпатизацию (чаще всего проявленную в

пределах гранитоидных штоков), березитизацию (в надапикальной части штоков в ороговикованных вулканогенно-терригенных породах рамы) и, локально, грейзенизацию.

Основными элементами-спутниками золота в первичных ореолах являются Bi, As, W, Co, Mo, Sb, Ag, Sn. На объектах проксимальной зоны, таких как рудопроявления Приискское и Чистое, золотое оруденение сопровождается контрастными аномалиями Bi и As при подчиненной роли остальных элементов, характерных для золото-редкометальной минерализации. Рудопроявления, локализованные в апикальной части гранитоидных штоков, отличает более широкий набор элементов-спутников. На участках Делянкир и Рыжий, помимо ореолов Bi и As, тесную ассоциацию с золотом образуют ореолы Sb, Co, Mo, W, Ag.

Вторичные ореолы рассеяния, в целом, наследуют элементный состав геохимических ассоциаций, характерных для первичных ореолов. Площадные аномалии Au, As, Bi, W, Te ($\pm$ Sn, Sb), выявленные в результате работ 2012–2014 гг. и по данным предшественников, охватывают выходы апикальных частей гранитоидных штоков и зоны ороговикованных и метасоматически измененных вмещающих пород. На всех четырех рудопроявлениях области пространственной корреляции высококонтрастных аномалий Au, As и Bi уверенно картируют площади развития штокверкового золото-редкометального оруденения и могут служить надежным поисковым признаком объектов данного типа.

**Николаев Ю.Н., Калько И. А., Бакшеев И.А., Аплеталин А.В., Власов Е.А.,
Хабибуллина Ю.Н., Джеджея Г.Т. (МГУ им. М.В. Ломоносова)
ЗОЛОТО СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОЛОЙСКОЙ ЗОНЫ И ЕЕ
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ**

За последние несколько лет получены новые данные, позволяющие заново оценить перспективность Олойской металлогенической зоны на золото-серебряное оруденение.

Разработаны минералого-геохимические критерии, позволяющие различать сходные по составу геохимические аномалии промышленных и непромышленных типов золото-серебряного оруденения на ранних стадиях ГРР. Установлена закономерная смена золото-серебряных типов минерализации в зависимости от степени эродированности вулканоструктур. Обоснована высокая вероятность выявления объектов с промышленной золото-сульфосольной минерализацией, ранее известной только в ОЧВП.

Наиболее продуктивными на золото-серебряное оруденение являются крупнейшие вулканоструктуры Олойской зоны: Тытыльвеевская (Двойное, Сентябрьское и др.), Верхне-Кричальская (Клен и др.) и Нембондинская (только что завершившимися работами выявлен ряд новых перспективных проявлений).

Выполненными исследованиями доказано, что в наименее эродированных частях этих крупных вулканоструктур развита золото-серебряная сульфосольная минерализация, сходная с минерализацией золото-серебряной вулканогенной формации, развитой в ОЧВП, главным эталоном которой является месторождение Купол.

Руды с золото-сульфосольной минерализацией содержат самородное золото и селенсодержащие сульфосоли серебра (стефанит, пираргирит, полибазит, миаргирит, прустит и др.), минеральные комплексы формировались в диапазоне $t = 130\text{--}240^\circ\text{C}$, соленость флюидных включений 0,5–3,9 вес.% экв. NaCl.

Золото-серебряные сульфосольные объекты проявляются в аномальных потоках и вторичных ореолах Au, Ag, As, Sb. Рудные поля имеют относительно небольшие размеры, продуктивность геохимических аномалий золота и серебра невысокая.

В более эродированных вулканоструктурах Олойской зоны золото-серебряное оруденение связано с интрузивными комплексами гранитоидной и габбро-монцонит-сиенитовой формаций и принадлежит к двум основным типам: 1) умеренносульфидным проявлениям порфирово-эпitherмальных систем, связанных с габбро-монцонит-сиенитовыми комплексами (J_3-K_1); 2) умеренносульфидным проявлениям гранитоидной формации (K_1).

Первый тип связан с крупными магматогенными поднятиями, второй – с умеренно-эродированными вулканоструктурами.

Главными минералами руд обоих типов являются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, второстепенными – арсенопирит, цинкистые блеклые руды, редкими – гессит, акантит, Ag-сульфосоли (пирсеит-полибазит), самородное Au, электрум.

Основные различия: для минерализации 1-го типа главные индикаторы – родохрозит и марганцовистый доломит, основным концентратором As является теннантит-тетраэдрит, Ag – гессит и электрум, пробность Au – 680–735%, присутствуют Au-Ag-теллуриды и петцит. Объекты являются источниками богатых россыпей золота.

В золото-серебряных рудах 2-го типа концентраторами As являются арсенопирит и блеклые руды, Ag – акантит, присутствуют фрейбергит, бурнонит, кюстелит, имитерит, пробность Au – 635 ‰ (электрум). Основной минеральной формой Te являются теллуриды свинца. Основным отличием золото-серебряной минерализации, сопряженной с медно-порфировыми объектами, от золото-серебро-полиметаллической минерализации гранитоидной формации являются более высокие температуры гомогенизации рудообразующих флюидов: (150–400°C против 100–340°C) и повышенная соленость ГЗВЖ включений в кварце (1,2–37 против 0,3–5,2 масс.% NaCl экв).

Рудные поля с золото-серебро-полиметаллическими рудами 2-го типа, выявленные в последнее время, имеют значительные размеры и большой объем рудной массы и могут быть вовлечены в промышленную отработку открытым способом.

Окулов А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ИЗ РУДНОЙ ЗОНЫ СТЕРЖНЕВАЯ (ФЕДОРОВСКОЕ-1 МЕСТОРОЖДЕНИЕ, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Федоровское-1 месторождение находится на территории Федоровско-Кедровского рудного поля Ортон-Федоровского рудного узла в Кузнецком Алатау. В геологическом плане Федоровско-Кедровское рудное поле приурочено к юго-восточному крылу Чашкатской антиклинали, которое сложено вулканогенными породами среднего и основного состава, терригенными и карбонатными породами раннего кембрия. Ядерная часть сложена преимущественно вулканитами основного состава раннего кембрия. Стратифицированные толщи прорываются гранодиоритами среднего кембрия. Рудные зоны ориентированы субсогласно простиранию вмещающих пород, сложены метасоматически измененными (березитоподобными) породами с кварцево-жильной и жильно-прожилковой минерализацией.

Месторождение справедливо рассматривается многими исследователями в качестве объекта-эталоны при постановке поисковых геологоразведочных работ в пределах рудного узла и смежных территорий. В целом Федоровское-1 месторождение можно отнести к категории относительно хорошо изученных объектов как в плане геологоразведочных работ, так и в плане проведения научных исследований. Вопросам геологического строения, закономерностей размещения золоторудной минерализации (как коренного оруденения, так и золотоносных кор

выветривания), геохимических признаков оруденения, вещественного состава руд, физико-химических параметров рудообразования, характера распределения самородного золота в рудах посвящены публикации Ю.Г. Щербакова, С.В. Шадриной, Н.А. Бакшеева, В.В. Колпакова, В.О. Конишева и др. авторов.

Вместе с тем, ряд вопросов, касающихся строения конкретных типовых рудных зон, минералого-петрографических характеристик руд и околорудных метасоматитов в этих зонах, оказался слабо освещенным. Эти сведения могут иметь важное значения в качестве дополнения к элементам-признакам геолого-поисковой модели объекта-эталона при проведении ГРР в пределах Ортон-Федоровского рудного узла и смежных территорий. Характеристика одной из таких зон – зоны Стрежневой – приводится в настоящем докладе.

Непосредственно минерализованная зона локализована в разрезе содержащих углеродистое вещество мраморизованных известняках, имеющих окраску от темно-серой до почти черной. Мраморизованные известняки интродуцированы субсогласными дайками роговообманковых габброидов, долеритов и габбро-диоритов. Эти породы претерпели метаморфизм зеленосланцевой фации, о чем говорит замещение роговой обманки хлоритом, карбонатом и эпидотом, плагиоклаза – альбитом и эпидотом. Интенсивность метаморфических изменений различная, количество новообразованных минералов от 10–15 до 50% и более. Минерализованная зона представлена метасоматически измененными андезитами, андезито-дацитами и их туфами, часто рассланцеванными, с отдельными прослоями и линзами мраморизованных известняков, маломощными дайками долеритов. Породы имеют серую до темно-серой окраску, которая обусловлена наличием в породах углеродистого вещества (вероятно, за счет его контаминации из известняков). В центральной части зоны локализована кварцевая жила, мощность которой от первых сантиметров до 1,2 м. Андезито-дациты и их обломки (в туфах) характеризуются как порфировым, так и афировым строением, основная масса сложена микролитами плагиоклаза, а так микролитами и т/з кварц-полевошпатовой массой по вулканическому стеклу. Вкрапленники представлены удлиненными кристаллами плагиоклаза. Метасоматическое изменение выражены в образовании железо-магнезильного карбоната и светлой слюды (мусковит или парагонит). Интенсивность изменений составляет до 50%. Сульфидная минерализация представлена преимущественно пиритом, количество которого составляет 1–3 %, локально – до 5%.

**Петрушков Б.С., Шнейдер А.Г., Проскурнин В.Ф., Гавриш А.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»),
Тарасов А.В., Гурин Г.В. (ООО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика»),
Туровский Д.С., Лоренц Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)**

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ КРУПНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ СВЕТЛИНСКОЙ ПЛОЩАДИ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ТАЙМЫРА (РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ РАБОТ)**

Светлинская площадь расположена в северо-западной части Верхнеленинградского золоторудного потенциального узла Барковско-Ждановского района Шренк-Фаддеевской рифейской (аккреционной) минерагенической зоны Карской позднепалеозойской (сводово-плутонической) области Таймыро-Североземельской провинции. Она выделена по результатам работ ФГУП «ВСЕГЕИ» 2009–2012 годах при проведении поисковых работ в пределах Верхнеленинградской перспективной площади, общий ресурсный потенциал которой оценивался в 150 тонн золота по категории P_3 .

Комплекс работ на Светлинской площади включал проведение поисковых маршрутов, литогеохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:10 000, наземных

геофизических работ масштаба 1:10 000 и крупнее, проходку и опробование траншей, бурение колонковых скважин.

По результатам геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:10 000 (сеть 100×20 м) выделен ряд контрастных ореолов золота, мышьяка, золота, висмута, меди, свинца, сурьмы, цинка и мультипликативного показателя накопления вида $Au*As*Ag*Sb$. Для наиболее значимых из них посчитаны прогнозные геохимические ресурсы золота, которые в сумме составили – 74,3 т.

В центральной части площади проведена магнитная съемка масштаба 1:10 000, электроразведка методом естественного поля масштаба 1:10000 и профильная гравirazведка, что позволило существенно уточнить геологическое строение территории. Пространственно и генетически связанные с проявлениями золото-сульфидно-кварцевой минерализацией тела Ясенского метаферрогабродолеритового комплекса выделяются многочисленными, преимущественно положительными, линейными аномалиями северо-восточного простирания интенсивностью до 250–300 нТл, а в ЕП – положительными до 300 мВ аномалии $U_{\text{ЕП}}$. В естественном электрическом поле интенсивными отрицательными аномалиями $U_{\text{ЕП}}$ интенсивностью до -500 мВ в южной и северной части участка работ картируются углеродистые графитизированные толщи (сланцы нижнереченской свиты, углеродистые известняки вольнинской свиты).

При проведении горных работ в пределах участка Ясенский траншеей была вскрыта золотоносная сульфидная зона мощностью 34 м со средним содержанием золота – 1,29 г/т или 19 м – 2,03 г/т. В пределах зоны выделяются два рудных интервала, мощностью 4 м и 8 м со средним содержанием – 3,2 г/т. Для локализации прогнозных ресурсов по категории P_1 было пробурено 10 скважин общим метражом 1200 пог. метров, объединённых в четыре профиля. Ввиду крайне сложного геологического строения, неоднозначных элементов залегания, ни одна из скважин не подсекла рудные интервалы на полную мощность, вследствие чего содержания золота в керновых пробах не превышают 1,5 г/т (по данным атомно-абсорбционного и пробирного анализов).

Ряд перспективных участков, геохимических и геофизических аномалий, зон гидротермально-измененных и сульфидизированных пород, как для Светлинской перспективной площади (51,5 км²), так и для всего Верхнеленинградского потенциального узла в целом (180 км²), где установлены высокие содержания золота 1–6 г/т, не были заверены горно-буровыми работами из-за отсутствия объемов ГРП и достаточного финансирования. Не смотря на незначительные установленные прогнозные ресурсы золота на Светлинской площади, ее ресурсный прогнозный потенциал раскрыт далеко не полностью. Верхнеленинградский потенциальный узел, Светлинская площадь рекомендуются к постановке дальнейших поисковых работ, участок Ясенский – к постановке поисково-оценочных работ на площади 2,8 км², с применением, в первую очередь, наклонного колонкового бурения.

Петухов А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ
ВЫЯВЛЕНИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Существует один принципиально общепринятый подход к выполнению подсчета запасов, который заключается в подсчёте запасов на основании двухмерной геологической модели. Этот традиционный подход проверен временем и реализуется в большинстве компаний России. Целесообразным по мнению автора являлось выполнить исследование по подсчету запасов непосредственно на трёхмерной геологической модели золоторудного месторождения. Модель

создавалась с помощью графического редактора DATAMINE STUDIO, в качестве объекта исследований было выбрано золоторудное месторождение штокверкового типа Петух, приуроченное к Верхне-Хатыннахскому рудному узлу, в Сусуманском районе Магаданской области.

Целью построения трёхмерной модели являлось уточнение геологического строения месторождения, выделение рудных тел в контуре штокверка месторождения и подсчёт запасов по данным, полученным с помощью 3D-модели. Для подсчёта запасов была создана база данных, включающая результаты опробования, измерения инклинометрии и координаты скважин. Используя файл маркшейдерской съёмки поверхности, был создан каркас топо-поверхности (DTM – Digital Terrain Model/ Цифровая Модель Поверхности). Контурные рудных тел были отрисованы по участкам опробования, так как в данном случае моделирование производилось не по экономическим параметрам, а исключительно по геологическим параметрам. Все пробы внутри рудного тела и линз были выделены и по результатам опробования отстроены гистограммы а также получены статистические характеристики. Был создан прототип модели, для которого определен размер элементарного блока (10×10×10 м). Для анализа изменчивости содержаний золота в рудных телах месторождения была осуществлена попытка проведения вариограммного анализа.

Задачей интерполирования являлся прогноз распределения содержаний золота в блоках созданной модели на основе содержаний в пробах разведочных скважин, находящихся внутри блоковой модели. Данные, полученные в ходе подсчёта запасов с помощью компьютерного моделирования, отображают достоверную информацию о количестве реальных запасов на месторождении.

Результатом работы стало создание трёхмерной модели месторождения, подсчёт запасов по данным, полученным с помощью компьютерного моделирования, а так же уточнение морфологии рудных тел.

Пирназаров М.М., Марипова С.Т., Мирабдуллаев А.Х.
(ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ
МЕТАЛЛОГЕНИИ

Несмотря на многолетние металлогенические исследования, потенциальные ресурсы Центрально-Кызылкумской золоторудной провинции еще полностью не раскрыты: не оценено на глубину большинство рудопроявлений, которые могут оказаться верхними частями промышленных объектов; недостаточно исследована роль вулканизма при формировании месторождений; остается открытым вопрос о генезисе золоторудных месторождений кызылкумского (мурунтауского) типа и др. Решение этих вопросов имеет большое научно-прикладное значение, в т.ч. и для обоснования направлений ГРР.

Существует обширная литература по геолого-генетическим моделям различных типов золоторудного оруденения «кызылкумского типа», в том числе: осадочно-метаморфогенная (Бадалов); гидротермально-метаморфогенная (Буряк; Мирходжаев, Хохлов; Пирназаров); сингенетично-эпигенетическая (Гарьковец; Воронков и др.; Проценко); метаморфогенно-метасоматическая (Проценко; Рубанов); опосредованно-плутогенная (Вихтер); магмотогенно-гидротермальная (Захаревич и др.); интрателлурическая (Иванкин, Назарова); флюидно-магматическая (Кременецкий, Минцер); глубинно-метасоматическая (Мушкин, Ярославский); множественности мантийных очагов (Рахматуллаев); петролого-геохимическая (Котов и др.); субдукционно-

гидротермальная (Савчук, Мухин); обобщенная полихронная и полигенная (Усманов и др.). Они согласовываются также с результатами детальных исследований, выявивших исключительное разнообразие путей образования и пространственных связей золота (кластогенное, хемогенное, метаморфизованное, связанное с углеродистым веществом, гидротермалитами, дайковыми образованиями, кварцевыми жилами и штокверками, поздними минералами серебра и др.).

Проведенный статистический металлогенический анализ закономерностей размещения и условий формирования золота Центральных Кызылкумов выявил их характерные признаки, такие как: размещение только в протерозойских и нижнепалеозойских метаморфических толщах; стратифицированность размещения; наличие в составе рудовмещающих свит вулканитов; повышенное фоновое содержание золота в рудовмещающих свитах; наличие в рудовмещающих свитах осадочно-диагенической сульфидной (в основном пирит) минерализации; зональность плотности размещения золоторудных объектов вокруг интрузивов Кызылкумского гранит-гранодиоритового комплекса и отсутствие золоторудных объектов в самих интрузивах; связь оруденения с ореолами контактового метаморфизма интрузивов Кызылкумского гранит-гранитоидного комплекса; связь оруденения с зеленосланцевой фацией регионального метаморфизма; наличие как секущих, так и субсогласных рудных тел; соотношение возраста проявления метаморфизма, магматизма и оруденения; распространенность месторождений золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций. Эти особенности имеют прямое отношение к их генезису, которая по всей вероятности может быть полигенной и полихронной.

Предлагается геолого-генетическая модель, способная охватить констатированное выше многообразие особенностей проявления золотого оруденения. Ее сущность заключается в следующем: металлогенической специализацией на золото владеют практически все домезозойские периоды геологической эволюции региона. Среди них как наиболее продуктивная выделяется позднегерцинская эпоха (C_3-P_1). Этим временем датируются наиболее значительные в фанеразойских образованиях потрясения, повлиявшие, в том числе и на литолого-структурно-тектоническую благоприятность позиций золотого оруденения. Данная масштабная (планетарная) тектоно-магматическая активизация также служила источником энергии для мобилизации металлов из горных пород, миграции, подготовки физико-химических и др. барьеров для их осаждения и формирования месторождений золота при преимущественном проявлении гидротермально-метаморфогенных процессов.

Проскурнин В.Ф., Петров О.В., (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Романов А.П. (КНИИГиМС),

Курбатов И.И. (Центрсибнедра), Гавриш А.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИЙ МЕДНО-МОЛИБДЕН-ПОРФИРОВЫЙ ПОЯС ТАЙМЫРА И СЕВЕРНОЙ ЗЕМЛИ

Таймыро-Североземельская минерагеническая провинция (МП) разделяется на Северотаймыро-Североземельскую минерагеническую систему (МС) с энсиалическим фундаментом тиманид и Таймырскую – с энсиматическим фундаментом байкалид, границей которых является зона Главного Таймырского разлома (ГТР). Одним из главных геолого-промышленных типов МП являются проявления золотосодержащей медно-молибден-порфировой формации, образующими пояс от о. Большевик архипелага Северная Земля до Западного Таймыра. Пояс приурочен к границе МС, протягиваясь на расстояние более 900 км и достигая ширины 80 км на п-ве Челюскин. Ведущую роль в его формировании играют позднепалеозойско-раннемезозойские плутоногенно-гидротермальные внутриинтрузивные рудоформирующие системы, связанные

со становлением гранит-порфировых интрузий в раннем карбоне (340–330 млн. лет) на Северной Земле (солечнинский, таймырский комплексы), субщелочных гранит-порфировых – в поздней перми (254–258 млн. лет) на Северном Таймыре (лодочниковский, пекинский, коломейцевский, оленьинский комплексы) и сиенит-граносиенит-порфировых интрузий в среднем-позднем триасе (249–230 млн. лет) на Западном (моржовско-убойнинский, устьясинский комплексы), Центральном (верхнетарейский комплекс) Таймыре в горах Бырранга и Норильском районе (Болгохтохский массив).

Типовыми объектами золотосодержащей медно-молибден-порфировой формации являются рудопрооявления: на о. Большевик – «мыс Палец» (В.А. Сальников, 1980), «мыс Таймыр» (В.Ф. Проскурнин и др., 1988; С.Б. Киреев и др., 1990), на п-ве Челюскин – рудопрооявление «Порфировое» (В.В. Беззубцев и др., 1979; Гирн В.В. и др., 2006), «Кристефенсенское» (Дроботенко Е. А. и др.; 2002. Лопатин Г. Г. и др., 2006); на Нижнетаймырской площади – «Олень», «Волчье», «Глубокое», (А.Ф. Хапилин и др., 1986; В.Ф. Проскурнин и др., 1987), на Центральном Таймыре – «Левомамонтовское», Верхнетарейское (В.В. Беззубцев и др., 1979; В.Ф. Проскурнин и др., 2014), на Западном Таймыре – «Убойное 1 и 2» (Ю.Е. Погребницкий и др., 1961; В.В. Беззубцев и др., 1979; Л.П. Никулов и др., 1990; Н.Ф. Сержантов и др., 1991), в Норильском районе – «Болгохтохское» (Комарова М.З., 1967, 1974; Додин Д.А., 2002).

Особенностью строения всех проявлений формации является их связь с внутриинтрузивной калишпатофир-березитовой (филлизитовой) региональной метасоматической формацией. Оруденение представлено пирит-серицит-кварцевыми прожилками, образующими густую сеть штокверкового типа. Минеральные типы рудопрооявлений изменяются последовательно с северо-запада на юго-восток с шеелит-молибденитового, шеелит-халькопирит-молибденитового на молибденит-халькопиритовый. По соотношению главных рудных элементов W, Cu, Mo в этом же латеральном направлении меняется рудно-геохимический тренд: от вольфрам-молибденового оруденения («м. Таймыр», содержания Mo 0,03–1%, W 0,01–0,4%, Cu до 0,02%, Au 0,01–0,04 г/т), к (вольфрам-медно)-молибденовому («Олень», Mo 0,01–0,1%, Cu 0,01–0,25%, W до 0,004%, Au 0,2–0,4 г/т), к молибден-медно-порфировому («Порфировое», Cu 0,01–0,6%, Mo 0,03%, Au 0,1–0,5 г/т) и медно-порфировому («Убойное – 1 и 2», Cu 0,01–3,17%; Mo 0,003–0,1%, Au 0,003–0,11 г/т.). Рудно-геохимическая зональность подчинена вмещающему гранитоиду субстрату – на северо-западе он представлен сиалическими образованиями Северотаймыро-Североземельской МС, на юго-востоке – энсиматическими Таймырской МС. ГТР характеризует переходную зону.

Разумный А.В., Исаева Е.П., Марковский Б.А., Мазуркевич К.Н. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

ГЛАВНЫЕ ЭТАПЫ РУДООБРАЗОВАНИЯ ЧУКОТСКО-КОРЯКСКО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА

Выполняется в рамках темы «Создание фрагмента цифровых бесшовных карт масштаба 1:1 000 000 по группе листов в пределах Дальневосточного (Чукотско-Корякско-Камчатского) региона (листы N-57, O-57, O-58, P-58, P-59, Q-58, Q-59, Q-60) по материалам Госгеолкарты-1000/3».

Не смотря на длительную историю развития Чукотско-Корякско-Камчатского региона, подавляющее большинство рудных объектов территории сформировано в течении четырех высокопродуктивных этапов (познеюрского-раннемелового, ранне-позднемелового, среднеэоценового-раннемиоценового, позднемииоценового-плиоценового), связанных с определенными тектоно-магматическими событиями.

С позднеюрской-раннемеловой тектоно-магматической активизацией, проявленной в Олойской складчатой зоне (СЗ), связано становление дунит-клинопироксенит-габбро-монцит-сиенитовых интрузий, генерирующих оруденение медно-порфировой (месторождение Песчанка), золото-кварцевой (месторождение Весеннее) формаций, и несущих платиноидную, титано-магнетитовую минерализации. С развитием островодужного магматизма Тайгоносско-Мургальской СЗ связано формирование целого ряда проявлений медно-порфировой, золото-кварцевой, серебро-полиметаллической, свинцово-цинковой жильной рудных формаций. К юрско-меловым породам офиолитовой ассоциации Южно-Ануйской, Пенжинско-Анадырской, Пекульней-Золотогорской, Корякской СЗ приурочено оруденение хромитовой с платиноидами, медно-колчеданной рудных формаций, кобальт-никелевая минерализация.

С главным тектоно-магматическим и минерагеническим событием ранне-позднемелового (апт-маастрихт) этапа – становлением Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ВП), связано формирование многочисленных рудных объектов серебряно-золотой адуляр-кварцевой (месторождения Купол, Двойное и др.), золото-кварцевой (месторождение Кекура), серебро-сульфидно-силикатной, оловорудной кварцево-грейзеновой (месторождения Водораздельное, Обзорное), оловорудной силикатно-сульфидной, медно-порфировой, медно-кварц-сульфидной, молибден-порфировой, молибденовой грейзеновой, вольфрамит-кварцевой грейзеновой рудных формаций. Камчатско-Олюторская СЗ отличается развитием позднемеловых океанических комплексов, в которых проявлено оруденение хромитовой с платиноидами формации (проявление Гальмознанское), минерализация медно-кварц-сульфидной жильной, титано-магнетитовой, сульфидной никелево-меднорудной, золото-кварцевой, марганценосной вулканогенно-кремнистой рудных формаций. В Срединно-Камчатском выступе с плутоническим магматизмом связано оруденение медноникелевой сульфидной (месторождение Шануч), золото-кварцевой рудных формаций.

Среднеэоценовый-раннемиоценовый минерагенический этап связан, главным образом, со становлением Западно-Камчатско-Корякского ВП, к магматическим комплексам которого приурочено оруденение серебряно-золотой адуляр-кварцевой (месторождение Аметистовое), золоторудной малосульфидной, серебро-полиметаллической, серебро-сульфидно-сульфосольной, оловорудной силикатно-сульфидной, медно-порфировой, ртутной аргиллизитовой терригенной (месторождения Ляпганай, Тавена и др.) рудных формаций.

Основное событие среднемиоценового-плиоценового этапа – становление Центрально-Камчатского, Восточно-Камчатского и Южно-Камчатского ВП Курило-Камчатской островодужной системы. С постмагматической деятельностью связано формирование рудных объектов серебряно-золотой адуляр-кварцевой (месторождения Агинское, Бараньевское, Кумроч, Родниковое и др.), золото-сульфидной, медно-молибден-порфировой, золотосодержащей ртутной аргиллизитовой терригенной (месторождение Олюторское), ртутной золотосодержащей опалитовой (месторождение Чемпура) рудных формаций.

Анализ тектонического строения и этапности рудообразования позволяет уточнить минерагеническое районирование территории, имеющее важное значение для прогнозной оценки площадей на различные виды металлических полезных ископаемых определенных генетических и формационных типов, выявления участков с проявлением разноэтапного телескопированного или полиформационного рудогенеза.

Раков Л.Т., Прокофьев В.Ю., Коваленкер В.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»),
Зорина Л.Д. (ИГ СО РАН)
**ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ
ДЕФЕКТНЫХ ЗОН В КВАРЦЕ**

Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) дает возможность регистрировать и определять концентрацию целого ряда структурных дефектов в кварце. Как было установлено, их распределение отражает условия минералообразования. Наиболее информативными оказались изоморфные примеси Al, Ti и Ge, замещающие атомы Si в кристаллической решетке кварца. Однако их концентрации резко падают в низкотемпературном кварце, где изоморфизм слабо проявлен. В этой связи возникает необходимость поиска других типов структурных дефектов, образующихся при низких температурах минералообразования и способных нести генетическую информацию. Наши исследования позволили выявить такие дефекты, локализация которых приурочена к зонам структурных нарушений кварца.

Один из обнаруженных дефектов обусловлен изоморфным атомом Al, расположенным рядом с одной или двумя кислородными вакансиями. Обозначенный как Al-X этот тип дефектов широко распространен в образцах низкотемпературного кварца. Его спектр ЭПР частично скрыт интенсивным спектром Al-O⁻-центров, связанных с идеальным изоморфизмом Al, что препятствует определению количества Al-X-центров. Поэтому для оценки их содержания использовалось соотношение $C_{\text{Al-X}}/C_{\text{Al}}$, равное отношению интенсивностей указанных двух спектров.

Другой тип структурных дефектов относится к группе E-центров, представляющих собой одиночные кислородные вакансии. Наибольший вклад в их содержание вносят E_{δ} -центры, обычно возникающие в кварцевом стекле.

Установлено, что между концентрациями Al-X- и E_{δ} -центров существует линейная зависимость, что свидетельствует о динамическом взаимодействии этих структурных дефектов между собой. Ранее было показано, что графики зависимостей между концентрациями взаимодействующих дефектов (изогены) описывают образцы кварца, имеющие близкую природу образования. В частности, отмечалось, что изогены, построенные для изоморфных примесей Al, Ti и Ge, отвечают образцам кварца, кристаллизация которых протекала в одинаковых геохимических условиях. Исследование кварца золото-кварц-сульфидных месторождений Дарасунского рудного поля позволило выяснить, что изогены $C_{E_{\delta}}(C_{\text{Al-X}}/C_{\text{Al}})$ соответствуют образцам кварца, сформированного при близких термодинамических условиях. При этом наблюдается закономерность, чем ниже температура и давление кристаллизации кварца, тем выше в графическом пространстве располагается изогена $C_{E_{\delta}}(C_{\text{Al-X}}/C_{\text{Al}})$. Отсюда следует, что с уменьшением значений *PT*-параметров наблюдается рост концентрации E_{δ} -центров в кварце, который может быть связан с увеличением содержания аморфной фазы в зонах дефектности минерала.

Полученные данные дают возможность объяснить причину отклонения экспериментальных точек от изоген $C_{E_{\delta}}(C_{\text{Al-X}}/C_{\text{Al}})$. Она заключается в аномально быстром охлаждении минералообразующего раствора. В закрытой минералообразующей системе его остывание осуществляется достаточно медленно, что обеспечивает кристаллизацию кварца при температурах, близких к равновесному значению. В этом случае экспериментальные точки лежат на изогене $C_{E_{\delta}}(C_{\text{Al-X}}/C_{\text{Al}})$, отвечающей текущим *PT*-параметрам. При быстром остывании возрастает степень переохлаждения раствора, и образование кварца происходит столь же быстро, но при температурах ниже равновесной температуры кристаллизации. Вследствие этого

экспериментальные точки отклоняются вверх от своей изогены. Так динамика кристаллизации кварца отражается на распределении Al-X- и E_8 -центров в его дефектных зонах.

Результаты исследований свидетельствуют, что эти Al-X- и E_8 -центры в кварце могут нести важную генетическую информацию о процессах рудообразования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 17-05-00387 и 19-05-00476).

**Савчук Ю.С. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
О ДВУХ ТИПАХ ОРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА**

Среди орогенных месторождений золота в значительном количестве встречаются крупные и суперкрупные объекты. Р. Голдфарб и Д. Лич (2012) отметили, что орогенных месторождений золота с запасами более 150 т – 52 шт. Ф. Биерлейн с соавторами (2006) выделили 23 месторождения с запасами и ресурсами более 500 т, а 7 месторождений содержат золота более 1000 т: Мурунтау – 5290 т, Ашанти – 2070 т, Голден-Майл – 1984 т, Сухой Лог – 1943 т, Телфер – 1564 т, Наталка – 1510 т, Хоумстейк – 1237 т. Нами для исследования выбраны складчатый пояс Южного Тянь-Шаня и Верхояно-Колымский пояс, вмещающие месторождения золота: Кокпатас, Мурунтау, Наталка, Павлик.

Южно-Тянь-Шанский пояс возник в результате каледоно-герцинских субдукционно-коллизийных процессов и его основной объем сложен углеродистыми терригенными окраинно-континентальными отложениями, испытавшими зеленосланцевую метаморфическую переработку и нарушенными серией пологих шарьяжных структур и крутопадающих разломов, контролирующими размещение золотых месторождений. В Верхояно-Колымском поясе широко развита серия продольных разрывных нарушений, к зонам которых в Центрально-Колымском районе приурочен ряд месторождений.

Орогенные золотые месторождения субдукционной стадии развития контролируются зонами шарьяжей, так месторождение Кокпатас расположено в тектоническом окне в пологой шарьяжной зоне, в основании герцинской аккреционной призмы Кызылкума. Рудные залежи представляют собой пласто- и линзообразные тела с раздувами и пережимами как по простиранию, так и по падению, разделенные прослоями и участками пустых пород и рассеченные многочисленными безрудными дайками.

Месторождение Мурунтау располагается в каледонской Тасказган-Бесапанской аккреционной призме, основной структурой которой является Главный шарьяж между двумя аллохтонными пластинами, к зоне которого приурочено тектоническое тело «Мурунтауской линзы». Мощность Главного шарьяжа доходит здесь до 1 километра и, кроме общей тектонизации зоны, он распадается на несколько швов, т.н. вязких разрывов (10–30 метров мощностью), расчленяющих рудовмещающую толщу «Мурунтауской линзы». Главная рудоносная залежь Мурунтау образует полого погружающийся к северо-востоку гигантский уплощенный рудный столб.

Коллизийно-транспрессионный тип месторождений приурочен к зонам крупных разломов. На площади Верхояно-Колымской складчатой системы выделяется Тенькинский глубинный сдвиг, в который входит Омчакский разлом, контролирующий месторождения Наталка и Павлик. Основными элементами здесь служат запад-северо-западные взбросо-сдвиги. Для них характерны: серии параллельных нарушений, сравнительно большая мощность (десятки–первые сотни метров) и значительная протяженность (до десятков километров и более) тектонизированной зоны, значительная сдвиговая компонента, при крутых углах наклона. Тектоническая

зона выражена рассланцованными и брекчированными образованиями, либо углеродистыми милонитами, вдоль разломов развиты дайки пестрого состава, характерные для ранних этапов развития сдвиговых нарушений.

Таким образом, для субдукционного типа орогенных месторождений золота рудоконтроль осуществляется зонами шарьяжей, вязкими разрывами, зонами смятия, кливажирования; характерны пластово-седловидные, наклонные залежи, состоящие из многоярусных серий сближенных метасоматически-прожилково-вкрапленных и жильных рудных зон золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной рудных формаций. Для коллизионно-транс-прессионного типа, рудоконтролирующими являются магистральные сдвиговые нарушения и оперяющие их круто- и пологопадающие разломы, объемные трещинные структуры между ними; характерны системы сближенных крутопадающих рудных жил и зон, корытообразные залежи метасоматически-прожилково-вкрапленных руд золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной формаций.

**Самойленко М.В., Пачерский Н.В., Захаров И.О.,
Нигмаджанов Т.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ
ПО РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ
ВЕТРЕНСКОЙ ПЛОЩАДИ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ УЧАСТКОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ПОИСКИ
ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

Россыпи и шлиховые аномалии золота являются прямым поисковым признаком золотого оруденения и одним из важнейших критериев его прогнозирования. На примере Ветренской площади (листы Р-55-XXIV, Р-56-XIX, Магаданская область) показан комплекс работ по анализу и интерпретации материалов по россыпной золотоносности в процессе проведения ГДП-200 для выделения участков, перспективных для поисков коренных месторождений, а также выявления факторов рудоконтроля, в том числе скрытого, неявного характера.

Для анализа использовались качественные и количественные показатели: накопленная добыча золота по россыпным узлам и месторождениям, среднее содержание золота в месторождениях; линейная продуктивность, пробность золота и другие. Проведён анализ связи россыпей и известных коренных источников различных формационных типов, а также связи россыпей с различными геологическими комплексами, гранитными массивами и тектоническими структурами. Полученные результаты отражены на серии схем.

По анализу пространственного расположения россыпей и максимумам продуктивности на рассматриваемой территории впервые выделены две крупные транзитные полосовые структуры – Чалбыкано-Бахапчинская и Дусканьинско-Колымская региональные россыпные зоны. Зоны имеют северо-восточное направление и уверенно прослеживаются за пределы Ветренской площади в обе от неё стороны. Они интерпретируются нами как отражение крупных рудоконтролирующих зон скрытых разломов северо-восточного простирания 1 порядка, в пределах которых максимумы россыпной и коренной золотоносности приурочены к узлам пересечения с разломами северо-западного направления (Детринский, Чай-Юрьинский и др.). Эти узлы выделены в качестве золотоносных структур 2 порядка в составе региональных россыпных зон. В ряде случаев выделяются структуры 3 порядка – россыпные поля, которые наиболее тесно пространственно связаны с известными коренными источниками и объединяют водотоки высокого порядка, дренирующими оруденелый блок (рудное поле).

Северо-восточные зоны разделены полосой, в пределах которой отсутствуют промышленные россыпи, а также значимые проявления рудной золотоносности. Эта полоса интерпретируется как магматогенное валообразное поднятие (морфоструктура), образованное группой крупных магматогенных очаговых структур, на поверхности выраженные массивами гранитов Бутугычаг, Ярыгинский, Сибердыкский, Право-Обинский, Мандычанский, Больших Порогов.

В пределах площади выделены участки, для которых данные по россыпной золотоносности, в числе других поисковых признаков и предпосылок, являются основанием для отнесения их к перспективным для поисков рудных объектов.

Сафонов Ю.Г. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»),

Вихтер Б.Я. (ФГБУ «ЦНИГРИ»),

Котов А.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

Многолетний опыт авторов доклада в изучении золоторудных месторождений в пределах современного СНГ, а также некоторых золотоносных районах других стран позволяет рассмотреть как общие методологические вопросы в теории и практике разномасштабного металлогенического прогнозирования, так и конкретные примеры результативности прогнозов. Наверное, как самый результативный за период более полувекового развития теории прогнозирования остается положение, определенное В.М. Крейтером как «Ищи руду около руды». Применительно к золоту оно оказалось и наиболее эффективным в силу распространенности его шлиховых ореолов. Месторождения золота выделяются среди других рудных объектов и по повышенному вниманию в многолетней истории развития рудного дела, постоянно возрастающему вплоть до последних десятилетий. Если в годы становления металлогении как области науки к рудам золота относились минерализованные породы, содержащие не менее 10 г/т, то в настоящее время охватывается весь этот интервал. Приведенная информация характеризует специфику изучения металлогении золота, как и платиноидов, развитие соответствующих направлений специальной металлогении, активно развивающихся в настоящее время. Специфика золота как химического элемента учитывалась практически при развитии научно-методических основ прогнозирования при всех методологических подходах: рудно-формационном, геолого-генетической типизации месторождений, разработке их геолого-геохимических моделей, а также при моделировании рудообразующих систем. Первые два особенно интенсивно развивались во второй половине прошлого века, как институтами МинГео РФ, так и Академии наук (ИГЕМ, ИГМ СО РАН и др.). Следует отметить специальные выпуски, серии методологических руководств по указанным подходам к оценке прогнозных ресурсов, способствовавших проведению результативных поисковых работ. Однако ограниченные возможности заверочных буровых работ, как и проведения комплексных (геохимических, геофизических и др.) работ не могли обеспечить должной оценки эффективности выполнения прогнозов. Следует лишь отметить, что в последние два десятилетия, после изменения правовых и экономических условий проведения ГРП в стране, недропользователи неоднократно подтверждали ранее обоснованные положительные прогнозные оценки золоторудных проявлений, а также золотоносных площадей с моно-, би- и полиметалльной геохимической специализацией. Применительно к последним наиболее заметными, представляются результаты прогнозных исследований в позднерифейских и палеозойских складчатых комплексах Сибири. Среди них выделяется

Байкало-Патомское нагорье, в пределах которого локализованы месторождения Сухой Лог, относящиеся к категории золоторудных гигантов, а также крупные золоторудные месторождения Вернинское, Чертово Корыто и ряд средних-мелких. В совокупности эти месторождения, вместе с известными данными о золоторудных россыпях Бодайбинского района, позволяют сравнить эту локальную провинцию с Кызылкумской, с уникальным месторождением Мурунтау. Следует отметить, что первичные запасы последнего были оценены, как и Сухого Лога, несколько превышающими 1000 т золота. Отработка и доразведка месторождения показывают, что в Мурунтау заключено около 5 тыс. т. золота, а общий вертикальный диапазон размещения руд превышает 1,5 км. Бодайбинская и Кызылкумская (Южно-Тяньшаньская) провинции различаются по геологической истории развития, что отразилось в их металлогенической специализации, соответствующей металлогеническим таксонам более высокого ранга. Металлогения Южно-Тяньшаньской провинции увязывается с гранитоидным магматизмом заключительных стадий орогенеза бассейновыми и покровно-складчатыми геоструктурами. Подобные представлены и в Бодайбинском районе, но гранитоидный магматизм проявлялся с меньшей интенсивностью. Для данного района-провинции проблема металлогенического районирования остается актуальной, требующей комплексных целевых исследований.

**Столяренко В.В., Минин А.Н., Рябошапко А.Г., Минаева С.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ВЛИЯНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ВОЗРАСТА
НА ДАННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ**

Работы проводились на площади Нимгерканского потенциального рудного узла, расположенного на юго-западном фланге Томмот-Эльконской зоны рудоносных разломов в Центрально-Алданском рудном районе.

В процессе документации разведочных канав пройденных с целью заверки геохимических аномалий и вскрытия предполагаемых минерализованных зон, в ряде выработок, в бортах, сложенных делювиальными отложениями, были вскрыты фрагменты маломощных аллювиальных отложений. Подобные отложения также часто фрагментарно фиксировались в бортах дороги прокладываемой в настоящее время вдоль трубопровода «Сила Сибири», проходящего по площади работ из чего можно сделать вывод о широком распространении аллювиальных отложений на этом участке. В современном рельефе участок расположен на пологой водораздельной поверхности с высотными отметками 1075–1100 м, существенно выше верховьев современных водотоков.

Маломощные слои аллювия, мощностью от 10 до 20 см., сложены песчано-галечными отложениями и прослеживаются по всей длине канав. Фрагменты аллювиальных отложений в пределах одной канавы отмечаются как непосредственно под растительным слоем, так и на разных уровнях в ее бортах (высота бортов от 2 до 5 м). Количество фрагментов маломощных аллювиальных слоев в пределах борта канавы может достигать 4 штук на разных уровнях, что свидетельствует о их дискретном формировании.

Степень окатанности галечного материала (3–4 балла по 5-ти бальной шкале) позволяет отнести их к аллювиальному (в ряде случаев к ложковому) типу россыпей ближнего сноса.

В составе галек присутствуют, как породы щелочного комплекса (шонкиниты, сиениты, ортофиры), так и доломиты. Кроме этого отмечаются гальки пироксенитов и гранитов. Часто галька покрыта пленками оксидов железа и марганца. Галечные горизонты из-за особенностей своего состава хорошо заметны в толще делювия. Полное отсутствие глинистой составляющей и как следствие отсутствие цементации, приводит к их постоянному осыпанию из борта

канавы, тогда как плотные, сцементированные глиной делювиальные отложения подвержены этому в существенно меньшей степени.

Опробование аллювия показало наличие в нем шлихового золота с размером от 0,1 до 0,4 мм. Шлиховое золото характеризуется различной степенью окатанности. Крупные золотины как правило средне окатанные и полуокатанные, мелкие в основной массе сохраняют следы рудного облика. Наличие единичных практически неокатанных золотинок класса 0,1 мм объясняется разрушением золотосодержащих галек в процессе транспортировки материала. Практически отсутствуют сростки золота с кварцем, полевым шпатом и лимонитом характерные для золота из структурного элювия. Все эти признаки позволяют рассматривать его как золото ближнего сноса. Возможно коренным источником являются роговообманковые сиенит-порфиры верхнеселигдарского комплекса залегающие в непосредственной близости.

Фиксация аллювиальных отложений на глубине 3–4 метра от современной поверхности, а также наличие в этих слоях галечного материала в пленках оксидов железа и марганца позволяет сделать предположение о четвертичном (голоценовом?) возрасте аллювия.

Учитывая, что аллювиальные слои могут залегать в том числе близко к современной поверхности, можно сделать вывод о влиянии аллювиального золота на формирование искусственно «наведенных» геохимических аномалий, которые невозможно отличить от геохимических аномалий ВОР фиксирующих коренные выходы золотосодержащих пород. Данное обстоятельство объясняет тот факт, что некоторые канавы, заложенные на основании данных литогеохимического опробования, не вскрывают золотосодержащих пород.

**Тарасова Ю.И., Будяк А.Е., Гареев Б.И. (ФГБУН ИГХ СО РАН)
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРАСНОЕ
(БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, РОССИЯ)**

Месторождение Красное расположено на территории Байкало-Патомского нагорья (север Иркутской области, Россия) и локализовано в центре Бодайбинского синклинория, вмещающего большинство золоторудных месторождений рассматриваемого региона (Иванов и др., 2014). Месторождение Красное приурочено к аунакитской свите жуинской группы. Терригенные отложения аунакитской свиты, представленные чередующимися горизонтами углеродсодержащих (Сорг до 4 масс.%) метапесчанников и алевролитов, согласно залегают на карбонатных породах имнянской свиты. Общая мощность отложений аунакитской свиты в районе месторождения достигает 1000 м. Рудная антиклиналь, к которой, главным образом, приурочена золоторудная минерализация на месторождении, представляет собой опрокинутую складку юго-восточного простираения с углом падения осевой плоскости 70° – 85° на северо-восток.

Метаосадочные породы, вмещающие оруденение, сложены кварцем (~30–35%), серицитом (~20–25%), карбонатами (10%), альбитом (5%), ортоклазом (5%), микроклином (5%), мусковитом (3%), иллитом (3%), хлоритом (3%). Акцессорные минералы – обломочные циркон, апатит, турмалин, более редкие обломочные сфен, рутил и эпидот. Карбонатные минералы представлены относительно ранними, единичными мелкими ромбовидными кристаллами доломита и кальцита без включений других минералов и крупными порфиробластами сидерита, замещающими более ранние карбонаты и цемент песчаника. В процессе метасоматоза происходило замещение безжелезистых карбонатов анкеритом, позже – сидеритом, с синхронным окварцеванием пород и формированием вытянутых в субширотном направлении прожилково-жильных зон.

Сульфидная минерализация образует послойную и рассеянную вкрапленность в метапесчаниках и метаалевролитах на контакте с углеродисто-глинистыми сланцами. Редкие мелкие

карбонат-сульфидно-кварцевые жилы и прожилки развиваются по трещинам и хаотично секут сланцеватость.

На раннем этапе в осадочной толще развивался фрамбоидальный пирит-I, характеризующийся примесью Au и Ni. Позже, формировалась относительно высокотемпературная ассоциация (вероятно ~400°C) содержащая мелкий идиоморфный пирит-II, пирротин-I, арсенопирит-I. Синхронно с образованием метаагрегатов пирита-III с выделением самородного золота, развивалась наложенная полиметаллическая ассоциация, содержащая кадмистый сфалерит. Пострудный этап представлен развитием крупных кристаллов идиоморфного пирита-IV. Золото, приуроченное к трещинам в пирите-III, присутствует в виде самостоятельных выделений или в ассоциации с галенитом. Встречаются как относительно крупные (около 100 мкм) вытянутые выделения, так и частицы субмикронного размера. Морфология самородного золота определяется размерами трещин. Самородное золото достаточно однородно по составу со средней пробыностью 860–870. Данная последовательность формирования рудных тел является отражением наложения минеральных ассоциаций, отвечающих различным *P-T* условиям.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.Y26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации № 220.

**Филиппов В.П., Краснов А.Н., Иванов Н.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РОССЫПНОЕ ЗОЛОТО БАРКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ –
РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МСБ ТАЙМЫРО-СЕВЕРОЗЕМЕЛЬСКОЙ
ПРОВИНЦИИ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)**

Регионы арктической зоны РФ в настоящее время привлекают повышенное внимание (в различных аспектах) прежде всего своими сырьевыми ресурсами. Комплекс твёрдых полезных ископаемых в недрах Северо-Таймырской провинции, представлен многочисленными рудными, в том числе золоторудными и нерудными проявлениями. К первоочередным типам промышленного освоения относятся потенциальные месторождения: золото-сульфидной (черносланцевой), золото-рудной кварцевой, золото-кварц-сульфидной формации, а также россыпи золота широко развитые на территории провинции.

Одной из наиболее перспективных для постановки поисковых работ на россыпи золота в пределах провинции к настоящему времени является Барковская площадь (Барковско-Ждановский рудно-россыпной район). Площадь приурочена к региональной системе разрывных нарушений. С региональными системами разрывных нарушений связана ориентировка основных металлогенических таксонов Таймыро-Североземельской рудно-россыпной провинции, в том числе Барковско-Ждановского района. Пространственно Барковская площадь тяготеет к зоне контрастного сильно расчленённого рельефа с широким распространением гребневидных вершин со следами ледниковой экзарации. Наиболее высокие отметки водораздела достигают 500–600 м и более. Таким образом, геолого-геоморфологическая обстановка Барковской площади является в целом типичной для россыпных провинций РФ.

По сравнению с хорошо изученными и расположенными к северу золотороссыпными площадями Большевикского и Челюскинского районов Барковская площадь практически не охвачена поисковыми работами на россыпное золото. Sporadически буровыми работами, а также редкими поисковыми маршрутами с шлиховым опробованием водотоков (С.С. Кальниченко, В.П. Филиппов, 1987) охвачена лишь северная её часть. В пределах площади можно выделить два перспективных на россыпи участка – Верхнеленинградский и Коралловый.

Верхнеленинградский участок охватывает бассейны верховьев р. Ленинградская и нижнего течения р. Баркова, включая южную часть Верхнеленинградского золоторудного узла (Ясенское рудное поле). С рудопрооявлениями Верхнеленинградского узла, приуроченных к черносланцевой толще раннего-среднего рифея, тесно связаны россыпепроявления бассейна верховьев р. Ленинградская и её притоков: ручьёв Баркова, Ясный, Светлый. Рудная минерализация, локализованная в черносланцевой толще, представлена сфалеритом, халькопиритом, галенитом, свинцово-висмутовыми сульфателлуридами, арсенидами никеля и кобальта, а также золотом. Содержание золота по единичным пробам составляет 0,3–1 г/т. Кроме отмеченного выше типа золотого оруденения в пределах узла повсеместно распространены золото-кварцевые жилы и прожилки, образующие зоны протяжённостью до 200–300 м. По данным бороздового и штуфного опробования содержание золота составляет 0,13–8,8 г/т. Третий тип золотого оруденения представлен зонами сульфидно-кварцевого прожилкования. Содержание золота 0,3–1,49 г/т, палладия – 0,07–0,28 г/т. Зоны сульфидно-кварцевого прожилкования характеризуются значительной протяжённостью (более 200 м при ширине 10–20 м). По данным ОГХС-200 (Ю.В.Костров, 2003) в долине р. Ленинградская в районе устья р. Баркова выявлен шлиховой поток золота протяжённостью 2,1 км. В пределах узла наиболее протяжённое (около 9050 м) россыпепроявление золота установлено в верховьях р. Ленинградская; ширина струи составила 92 м (более высокие террасовые уровни не разбурены), мощность песков – 0,75 м, торфов – 7,3 м, содержание – 0,64 г/м³, ресурс категории Р₁ металла около 400 кг. В долине р. Ленинградской установлено ещё два россыпепроявления золота: на 1,5 километровой отрезке долины в районе устья р. Баркова, в 7–7,5 км выше от её устья в шлиховых пробах установлены содержания 1–1,23 г/м³. Золото крупное – до 8 мм. Протяжённость проявлений 1,5 и 0,5 км. Перспективный участок Коралловый приурочен к бассейнам рек Коралловая и Нижняя, частично охватывая серебряно-медный Коралловый рудный узел. По данным ОГХС-200 наибольшее количество находок кластогенного золота в пределах Барковской площади отмечаются в локальной области, включающей бассейны рек Коралловая (среднее и верхнее течение), Нижняя (верхнее течение), левые притоки р. Траутфеттер. В аллювии р. Коралловая прослежен шлиховой поток длиной 16 км.

В качестве объекта-аналога для оценки ожидаемого ресурсного потенциала россыпного золота Барковской площади выбран Большевикский рудно-россыпной район, где ранее отрабатывались россыпи со средним содержанием 1,5 г/м³.

В непосредственной близости от Барковской площади (к юго-западу от неё) на правобережье р. Траутфеттер выявлен шлиховой ореол золота площадью 40 км². Таким образом, перспективы Таймыро-Североземельской провинции не ограничиваются ресурсным потенциалом россыпного золота только Барковско-Ждановского рудно-россыпного района. Приведённый материал позволяет рассматривать Барковскую площадь как наиболее перспективную в пределах Таймыро-Североземельской провинции для постановки поисковых работ на россыпи золота.

**Фишкин О.Н., Арифюлов Ч.Х. (ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ»),
Арифюлов Р.Ч. (филиал ГУ «РОСГЕО»), Э.Батболд (АРВИН ЦАЙДАМ, Монголия)
ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ТУРГЕНСКОЙ ПЛОЩАДИ НА
СЕВЕРО-ВОСТОКЕ МОНГОЛИИ**

Тургенская золотоносная площадь расположена на восточном фланге Эрэндабанского рудно-россыпного района. Охватывает левобережье р. Ульдзы, низовье реки Турген и бассейны падей Цаган-Чулут-Холой, Цаган-Чулут-Худук, Сумтын-Холой и Барун-Джаргалантын-Холой.

Протяженность территории, на которой сконцентрированы золоторудные объекты и россыпи, с запада на восток достигает 35 км. Тургенская площадь выявлена по результатам поисковых работ масштаба 1:50 000 и детализационных работ масштаба 1:10 000, проведенных советскими геологами в 70–80-х годах прошлого века (ПГО «Читагеология»). В тектоническом плане она представляет собой Эрендабанское геоантиклинальное поднятие с блоками древних каледонских структур, разделяющее Агинский и Ульдзинский триас-юрско-раннемеловые прогибы, выполненные терригенными отложениями, вулканитами контрастной базальт-риолитовой формации и раннемеловыми конгломератами с горизонтами пепловых кислых туфов. Рудный район локализован в зоне Чойбалсан-Тургенского глубинного разлома северо-западной ориентировки. Глубинный разлом рассматривается как главная рудоконцентрирующая структура, с которой связаны многочисленные центры проявления триас-позднеюрской интрузивной, субвулканической, вулканической и гидротермальной активности.

Переоценка Тургенского рудного района проведена по результатам ранее проведенных поисков, включающих комплекс геолого-геофизических (электроразведка, магниторазведка) и литогеохимических (ВОР) работ, горные работы (магистральные канавы) и единичные скважины колонкового бурения. Уточнение условий локализации золотого оруденения проведено на основе космогеологического дешифрирования. Составлены поисковые модели Дарасунского и Балейского типов, являющихся объектами аналогами на смежной территории РФ. Для космогеологического дешифрирования были использованы многоканальные спектральные снимки и снимки радарной топографической съемки поверхности. На основе анализа данных дистанционного зондирования составлены карты линейных элементов и выявлены кольцевые структуры. Структурная позиция Тургенского рудного района отвечает кольцевой структуре – скрытой интрузивно-купольной структуре, локализованной в породах основания, представленных потенциально продуктивным протерозойским вулканогенно-карбонатно-терригенным черносланцевым комплексом (хайчингольская свита) и докембрийскими габброидами. При разработке поисковой модели золото-порфирового типа для Тургенского рудного района были использованы результаты исследований сотрудников ФГУП ЦНИГРИ, проведенных в рудных районах Забайкалья

Использование поисковых моделей и анализ результатов проведенных поисковых работ позволяет выделить рудоносные структурно-вещественные комплексы:

1. Магматические и рудно-метасоматические структурно-вещественные комплексы, связанные с мезозойскими порфировыми рудно-магматическими системами. К продуктивному СВК, отнесен поздне триас-юрский полифазный интрузивный комплекс диорит-гранодиорит-гранитной формации (Цаган-Чулутский массив), локализованный в центральной части Тургенской антиклинали в области распространения докембрийских габброидов. Рудно-метасоматическая система этого типа соответствует модели Дарасунского типа. Максимально комплекс проявлен на участке рудопроявления Цаган-Чулут-Худук-I. Проявлена геохимическая ассоциация золота $\text{Au-Ag-As-Cu-Pb-Bi-Sb}$, отражающая сложный минеральный состав руд.

2. Комплекс золотоносных кварцево-жильных, брекчиевых и штокверковых зон в бортовой части раннемелового Ульдзинского грабена (юго-западный фланг Тургенского рудного района). Золото-кварцевые малосульфидные брекчиевые и штокверковые зоны (Балейский тип) развиты в зонах субширотных разломов на рудопроявлении Цаган-Чулут-Худук-II. Здесь проявлена геохимическая ассоциация Au-Ag , а ведущие рудообразующие элементы образуют геохимическую ассоциацию элементов As-Sb-Bi-Pb-Zn-Mo , не коррелирующих с золотом.

В рудоносных метасоматитах и кварцевых жилах установлены: пирит, халькопирит, блеклые руды, пирротин, галенит, сфалерит, молибденит, арсенопирит, аргентит, бисмутит и

продукты их гипергенных изменений. Самородное золото – мелкое и тонкое (от пылевидного до 0,5 мм), в основном уплощенное, в форме пленок и чешуек, реже – комковидное.

По результатам дешифрирования и анализа геологических материалов выделены потенциально рудоносные участки двух типов: а) площади распространения кварц-серицитовых метасоматитов (березитоидов), отвечающие рудоносному уровню модельной рудно-магматической системы Дарасунского типа; б) площади распространения аргиллизации (гидрослюдистых изменений), соответствующие модели Балейского типа. Выделяются также поля эпидот-хлоритовых изменений, отвечающие фронтальным зонам РМС.

Составлен комплект геологических карт масштабов 1:25 000, 1:10 000, 1:5 000 и 1:2 000.

Проведена оценка прогнозных ресурсов рудопроявлений (P_1) Цаган-Чулут-Худук-I и Цаган-Чулут-Худук-II и 5 перспективных участков в ранге рудных полей (P_2). Оценка дана на глубину прогноза 50 м

Прогнозные ресурсы золота категории P_1 для рудопроявления Цаган-Чулут-Худук-I составляют 0,9 т ($Au_{cp} = 1,03\text{--}4,73$ г/т); для рудопроявления Цаган-Чулут-Худук-II – 1,0 т ($Au_{cp} = 2,03\text{--}4,37$ г/т).

Оценка ресурсов золота по категории P_2 важна для определения потенциала рудного района и планирования геологоразведочных и эксплуатационных работ. Суммарная оценка прогнозных ресурсов золота категории P_2 по участкам Цаган-Чулут-Худук-I, Цаган-Чулут-Худук-II, Цаган-Чулут-Холой-Западный, Цаган-Чулут-Холой-Северный, Цаган-Чулут-Холой-Восточный составляет 23 т.

На данный момент выявленные золоторудные участки относятся к мелким рудным объектам. Однако, постановка и проведение дальнейших поисковых и разведочных работ, учитывая модельные аналоги, может привести к локализации более крупных объектов с запасами золота в десятки тонн.

Определены масштабы пораженности россыпей добычными работами. Анализ материалов разведочных работ, ранее проведенных ПГО «Читагеология», позволил провести реконструкцию положения долинной сети раннемиоценовой и плиоцен-раннеплейстоценовой эпох россыпеобразования и провести оценку прогнозных ресурсов на незатронутых разработками россыпных участках. Выделено 20 участков, на которых суммарный объем прогнозных ресурсов золота категорий P_2 составил 1440 кг.

**Фридовский В.Ю. (ИГАБМ СО РАН),
Полуфунтикова Л.И. (СВФУ им. М.К. Аммосова),
Кудрин М.В. (ИГАБМ СО РАН)
ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ
ЯНО-КОЛЫМСКОГО МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО ПОЯСА:
ГЕОЛОГИЯ, ГЕОХРОНОЛОГИЯ, УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ**

Наиболее продуктивные золоторудные месторождения центральной части Яно-Колымского металлогенического пояса относятся к орогенному типу (OGD). Они локализованы в Кулар-Нерском сланцевом поясе и смежных структурах, сложенных верхнетриасовыми и реже нижнеюрскими терригенными отложениями. Изучены месторождения Базовское, Жданное, Сана, Мало-Тарынское, зона Левобережная, Пиль, Бадран, Хангаласс и другие, являющиеся объектами геолого-разведочных и/или эксплуатационных работ. Наряду с золото-кварц-малосульфидной минерализацией жильно-прожилкового типа в последние годы установлено прожилково-вкрапленная минерализация, что может значительно увеличить ресурсный

потенциал месторождений и их привлекательность для недропользователей. Высоко золотоносная (обычно первые десятки реже сотни г/т) врапленная минерализация (пирит и арсениопирит) связана с околорудными кварц-серицит-карбонатными березитами. Как правило, на крупных месторождениях проявлено несколько деформационных событий, что осложняет выделение продуктивных рудоконтролирующих структур. Развита ранняя взбросо-надвиговая, а также поздние левые и правые сдвиги. Последние, как правило, реактивизируют ранние структуры. С взбросо-надвиговыми сопряжены латеральные и косые ramпы, представляющие поперечные зоны разломов (Эргеляхская, Курдатская, Прииндигирская, Эльгинская, Жданинская) проявленные поясами даек пестрого состава, рядами гранитоидов, сгущением трещиноватости пород. OGD контролируют структуры, сформированные при компрессионном режиме.

На примере Тарынской полихронной рудно-магматической системы установлено, что время ее зарождения произошло около 150–160 млн. лет назад (Rb-Sr возраст даек базитов). Формирование продуктивного золотого оруденения (Ar-Ar возраст серицита из зоны кварцевого прожилкования $142,7 \pm 1,4$ млн. лет, Re-Os возраст золота $147,8 \pm 3,8$ млн. лет) тесно связано со становлением гранитоидов Курдатского и Самырского массивов (Ar-Ar, Rb-Sr возраст 140–145 млн. лет) (Фридовский др., 2015; Зайцев и др., 2017, 2018; Layer et al, 2001). Изотопные системы пород и минералов (Rb-Sr, Ar-Ar) фиксируют еще два этапа тектоно-магматической активности – 120–128 млн. лет и 100–110 млн. лет, которые вероятно являются отражением субдукционно-аккреционных событий в Удско-Мургальском и Охотско-Чукотском магматических поясах (Фридовский, Зайцев, 2018).

Физико-химические параметры формирования OGD характеризуются диапазоном давлений от 1,2 до 0,25 кбар и температур от 300 до 230 °C. Рудообразующие флюиды содержали разбавленный водно-солевой раствор (концентрация солей 0,5–3,2 мас.% NaCl-экв.), углекислоту (8,5–15 моль.%), метан (до 1 моль.%) и находились в условиях двухфазового равновесия. Среди катионов концентрация Na в 5–80 раз выше K, при сопоставимых концентрациях Ca и Mg. Для гидротермального флюида характерны следующие основные (больше 0,01 г/кг H₂O) микрокомпоненты – As, B, Zn, Sb, Fe, Cu. Полученные результаты позволяют конкретизировать прогнозно-поисковые критерии ORD центральной части Яно-Колымского металлогенического пояса.

Исследование выполнено по плану НИР ИГАБМ СО РАН (проект № 0381-2019-0004), при частичной поддержке РФФИ – р_а (грант № 18-45-140040).

Хасанов В.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОНОСНЫХ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН МАРОКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ
(ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

Марокское рудное поле входит в состав Северо-Енисейского рудного района. В геолого-структурном плане расположено в северо-восточном крыле Центрального антиклинория Енисейского кряжа, осложненного складками второго, более высоких порядков и Ишимбинским глубинным разломом. В строении крыла участвуют терригенные отложения сухопитской серии нижнего и среднего рифея (кординская, горбилоская, удерейская и др. свиты) и тунгусикской серии верхнего рифея (потоскуйская, шунтарская свиты). В зоне влияния Ишимбинского глубинного разлома размещается подавляющее большинство известных золоторудных объектов, в том числе Доброе, Советское, Пролетарское, Эльдорадо золото-кварцевого мало-сульфидного типа, а также ряд многочисленных проявлений золота этого типа. Важнейшей

закономерностью локализации золоторудной минерализации для данного региона является выдержанный минеральный состав руд, ее литолого-стратиграфический и структурно-тектонический контроль (Вызу А.И., 1983). Рудовмещающими здесь являются терригенные образования низов сухопитской серии нижнего и среднего рифея, метаморфизованные в условиях фации зеленых сланцев биотит-хлоритовой субфации.

Марокское рудное поле (60 км²) приурочено к сложно построенной, локальной горст-антиклинали Певунская (Усть-Певунская), в ядре которой обнажаются карбонатно-терригенные отложения рязановской (пенченгинской) свиты нижнего протерозоя, а крутопадающие дислоцированные крылья сложены терригенными отложениями кординской, горбилокской и удерейской свит нижнего и среднего рифея (низы сухопитской серии). Именно к крыльям Певунской горст-антиклинали приурочены выявленные здесь минерализованные зоны Яхотинская и Марокская. Эти зоны оконтуриваются лишь по геохимическим данным, комплексной аномалией золота во вторичных ореолах рассеяния, интенсивностью 0,01 г/т. Протяженность этих зон более 12 км, мощность до 800 м с расширением до 2 км в пределах восточного крыла Певунской горст-антиклинали (участок Марокский). В южной части минерализованные зоны замыкаются в зоне регионального глубинного разлома северо-западного простирания, выделенного по геолого-геофизическим данным.

Рудная минерализация приурочена к тектонически осложненным контактам вышеперечисленных свит, в кварц-биотитовых, кварц-хлорит-серицитовых, серицит-хлорит-кварцевых сланцах, нередко гранатсодержащих. По узким линейным зонам вдоль разрывных нарушений субмеридионального простирания, согласно простиранию пород продуктивных толщ, развиваются локальные (околорудные) метасоматиты, представленные окварцованными сульфидизированными (пирит, арсенопирит) и пропилитизированными сланцами. Заметна приуроченность рудных минералов к прослоям породы, обогащенным серицито-хлоритовым материалом.

Промышленное золотое оруденение Марокского рудного поля контролируется зонами околорудных метасоматитов и связано с жильно-прожилковыми системами золото-кварцевого, золото-сульфидно-кварцевого составов северо-восточного и северо-западного простираний и в незначительной степени с рассеянной сульфидной минерализацией (пирит, арсенопирит). При этом промышленные концентрации золота формируются в тектонически ослабленных зонах субмеридионального простирания, выраженные зонами трещиноватости, рассланцевания и будинажа (Москалев, 2015).

Выявленные рудные зоны и тела маломощные при крайне неравномерных содержаниях золота (средние содержания в рудных интервалах не более 2 г/т, в отдельных пробах до 280 г/т). Золото свободное, нередко в сростании с кварцем, арсенопиритом, реже со слюдой, пиритом, гранатом и рутилом. Основная часть свободного золота представлена размерностью 0,1–0,5 мм и составляет более 70% от общего количества.

В докладе более детально охарактеризованы закономерности локализации золотоносных минерализованных зон и обоснованы критерии их прогнозирования.

Хворостов В.П. (GV Gold)
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЛЕПОГО ОРУДЕНЕНИЯ
СУХОЛОЖСКОГО ТИПА НА МОРДОВСКОЙ ПЛОЩАДИ
В СУХОЛОЖСКО-ХОМОЛХИНСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ, ВБЛИЗИ ДЕЙСТВУЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ПАО «ВЫСОЧАЙШИЙ», ПАО «ПОЛЮС»

Перспективная Мордовская площадь, расположенная в Северо-Бодайбинском золоторудном районе на левобережье р. Ныгри, в 5 км к востоку от Сухоложского рудного поля и к северу от Вернинско-Невского рудного поля, охватывает водораздельную часть между ручьями Ныгри, Мордовский, Александровский, Кадаликан и Правый Кадали.

В структурном плане площадь находится на восточном продолжении опрокинутой Сухоложской-Бужуихтинской антиклинали, являющейся главной рудоконтролирующей структурой Сухоложского рудного поля. Она приурочена к зоне складчато-разрывных дислокаций, в пределах которой расположены рудопоявления Ныгринское и ряд перспективных участков Александровский, Воронковский и Бужуихтинский (Ляшкевич Э. В., 1976).

Перспективная площадь сложена углеродистыми сланцами хомолхинской свиты, являющейся рудовмещающей для месторождений Сухой Лог, Высочайшее, Светловское. По данным гравиразведки масштаба 1: 50 000 (Кулаков А.Р. и др., 1977) участок расположен вблизи крупного Кадади-Сухоложского надвига. Подвернутое и висячие крыло антиклинали осложнено более мелкими надвигами и системой субмеридиональных разрывных нарушений сбросо-сдвигового характера, к которым приурочены зоны бурошпатизации и кварц-сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации. Такая комбинация структурных элементов характерна для зоны складчато-разрывных дислокаций и считается благоприятной для локализации золотого оруденения сухоложского типа.

Широко проявленная на Мордовской площади интенсивная бурошпатизация фиксирует, предположительно, продуктивную минерализованную зону, приуроченную к осевой части антиклинали. Эта зона шириной до 500 м протягивается с запада на восток вдоль Кадали-Сухоложского надвига на расстояние более 5 км. На поверхности зоны отмечаются многочисленные развалы кварца и вкрапленность сульфидов.

Ранее Ляшкевич Э.В. и др. (1976) уже прогнозировал здесь слепое оруденение. В 1974–1976 гг. были пробурены 13 скважин (№ 42–62) общим объемом 3471,2 м. Однако большинство скважин пройдено в висячем (45–50, 52, 59, 60, 62) и в лежащем опрокинутом крыле (42, 43, 44) складки, а скважины (47, 48 и 49), заложенные в замковой части Сухоложско-Бужуихтинской антиклинали, сложенной породами хомолхинской толщи, вмещающей оруденение Сухого Лога, остались не добуренными до прогнозируемой слепой рудной залежи.

По геолого-структурным условиям Мордовская площадь является аналогичной Северо-Западному участку Сухоложского рудного поля, где на глубинах от 300 до 700 м были выявлены и разведаны слепые промышленные рудные тела (73 млн. т руды с содержанием 2,79 г/т). Рекомендуются продолжить поисковое бурение на этой перспективной площади.

К сожалению, ПАО «Высочайший» уже третий год не может получить лицензию на геологическое изучение Мордовской площади в рамках действующего законодательства о недрах.

**Хворостов В.П. (GV Gold),
Мельников Д.В. (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН)
ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ТИП «HS» ЗОЛОТОРУДНЫХ ПЛОЩАДЕЙ
НА КАМЧАТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КА «TERRA» И МУЛЬТИСПЕКТРОМЕТРА
ASTER (НА ПРИМЕРЕ МАЛЕТОВВАЯМСКОЙ, ВЕТРОВАЯМСКОЙ,
СЕЭРОВАЯМСКОЙ И ДРУГИХ ПЛОЩАДЕЙ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ)**

1. Рассматривается ЮЗ часть Корякского нагорья, сложенная вулcano-плутоническими породами Корфского сегмента неогенового Корякско-Центрально-Камчатского вулканического пояса (КЦКВП). В его пределах расположены крупные вулcano-тектонические структуры – Малетойваямская и Ветроваямямская, характеризующиеся развитием площадных ореолов вторичных кварцитов и кварц-алунитовых метасоматитов, вмещающих серное, ртутное и медно-порфировое оруденение. В пределах Малетойваямского рудного узла было детально разведано, с защитой запасов в ГКЗ, Малетойваямское месторождение серы, проводились поисково-оценочные работы с участием ЦНИГРИ на медь на участке Юбилейном. Были отбурены скважины, вскрывающие рудные интервалы с высоким содержанием минералов меди (энаргита, люцонита). Однако на золото руды не анализировались. Развалы курумника около базы Юбилейной ГРП, представленные пористыми кварц-алунитовыми метасоматитами и монокварцитами с люцит-энаргитовой минерализацией, типичными ваги-силика, на золото также не опробовались.

2. Только после 2005 г. были начаты работы по оценке золотоносности этого отрезка КЦКВП, когда золоторудная компания Баррик подала заявки на получение на аукционе лицензий на Малетойваямскую и Ветровуюмямскую площади. С 23.06 по 7.07.2006 г. отряд геологов московского офиса Баррика. с участием главного геолога Баррика по Южной Америке Raul Guerra, провел разведочно-ревизионные работы на Малетовоймямской и Ветровоймямской площадях и высоко оценил перспективы этих площадей на предмет выявления золотого оруденения типа «HS» с ресурсами +3–4 Moz.

3. Тогда же были использованы залеты КА «Терра» с установленным на нём мультиспектрометром ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer). Были проанализированы спутниковые снимки на Малетойваямскую площадь, выделены на основе описанных ранее методик [1] аномалии SiO_2 , проведена их наземная проверка, отобраны штуфные пробы на участках Юго-Западный, Красный, Тюлюльваям.

4. Участок Юго-Западный в 2010–2017 гг. был разбурен ООО «Каммедь», владельцем лицензий на Малетойваямскую и Ветровуюмямскую площадь. В результате было выявлено золотое оруденение в кварц-алунитовых метасоматитах (ваги-силика), относящееся к классическому типу «HS», с ресурсами порядка 20 т и содержанием золота 1,5–2,0 г/т. Такой же тип оруденения был выявлен в устьевой части ручья Юбилейного. Бурение на участке Красном не проводилось, хотя он представляет собой наиболее перспективную рудоподводящую часть Малетойваямской рудно-магматической системы, с прогнозируемым оруденением типа «HS» рудных полей Wafi-Golpu (Папуа Новая Гвинея) и Au-Cu порфировым на глубине.

5. В 2016 г. через компанию Софзонд были заказаны спутниковые снимки ASTER на территорию Корфского сегмента ЦККВП. В институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН проведена обработка этих снимков с выделением аномалий SiO_2 . Были выделены локальные детальные аномалии в пределах Сеэровуюмямскую ВТС, повторены аномалии по Малетойваямскому рудному узлу. В пределах Ветровоймямской лицензионной площади (390 км²) выделена локальная, крупная

(10×2 км) аномалия SiO₂ вокруг BTC Чеинг, в пределах которой необходимо сосредоточить первоочередные ГРП. Выделена также новая, перспективная на выявление золотого оруденения типа «HS», аномалия SiO₂ площадью 6 км² в пределах BTC (PMC) Ывтыль.

Хворостов В.П., Барышников В.В., Хворостов О.В. (GV Gold)
ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ PRABU HILLS, SONGKANG В
МАГМАТИЧЕСКОЙ ДУГЕ СУНДА-БАНДА НА ОСТРОВЕ ЛОМБОК (ИНДОНЕЗИЯ)
С ПРОГНОЗОМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИРОВОГО КЛАССА AU-AG И AU-CU
ПОРФИРОВОГО ТИПА

Участок работ расположен в центральной части магматической дуги Сунда-Банда (Индонезия), в южной части острова Ломбок, в благоприятных географо-экономических условиях, в непосредственной близости (1–6 км) от берега Индийского океана, в 15–20 км от международного аэропорта Ломбок, в 20–30 км от морского порта Лембар.

Компания PT. VOMGEO в течение 5 лет (2013–2018 гг.) проводила здесь разведочные, поисковые, мониторинговые, старательские работы с опробованием, мониторингом старательской добычи, анализом материалов предшествующих работ. В результате были выделены перспективные площади Prabu Hills, Songkang.

Площадь Prabu Hills приурочена к вулcano-тектонической структуре (BTC), в центральной части которой расположена рудоносная диатрема, выделяемая по данным геолого-структурного картирования, магниторазведки, четкой геохимической аномалии золота. Диатрема сложена различными брекчиями, гидротермально измененными блоками вулканитов, известняков, диоритовых порфириров, дацитов, а ее рудоносная часть – гидротермальными кварцевыми, кварц-сульфидными брекчиями, метасоматитами, которые вскрыты многочисленными старательскими горными выработками (шурфами глубиной до 30 м с рассечками, различными карьерами, штольнями, закопушками).

В 2013 г. старательская добыча была локализована на площадке размером 300×100 м. В декабре 2018 г., вскрытая старательскими горными выработками рудоносная площадь диатремовых, гидротермальных брекчий уже достигала размера 2500×1500 м. Здесь было отобрано и проанализировано 300 проб руды и метасоматитов. Средние содержания из добываемой руды, по данным пробирного анализа 163 рудных проб, составляют 3,5 г/т Au, 50,0 г/т Ag, а ресурсы рудоносной диатремы до глубины 200 м при коэффициенте рудоносности K_p=0,4 оцениваются в 500 млн. т руды с содержанием золота 2–4 г/т и серебра 30–50 г/т. По своему потенциалу Prabu Hills может оказаться одним из крупных Au месторождений мира, сопоставимым с его аналогом – Lihir на Папуа Новая Гвинея.

Площадь Songkang, приуроченная к BTC центрального типа, расположена в 13 км от площади Prabu Hills. На ней проведены поисковые работы, площадная г/х съемка масштаба 1:50 000. Центральная часть BTC Songkang, представленная породами диатремового комплекса, подвергнутыми интенсивной гидротермальной проработкой, характеризуется четкой магнитной, г/х аномалией, широким развитием надрудных метасоматитов (монокварцитов и аргиллизитов), а также развитием фреатических и гидротермальных брекчий. В 2016 г. здесь на площади 9 км² проведена геохимическая съемка по сети 100×100 м с отбором около 900 проб. В результате были подтверждены и детализовали аномалии Au, Cu, Zn, Ag, As и Mo, что позволило выделить центр (очаг) рудно-магматической системы, определить эрозионный срез и предположить наличие слепого оруденения на глубине 30–100 м. Геохимическая аномалия золота с концентрацией свыше 10 мг/т имеют размеры 3×1,5 км, в пределах центра, которой

четко выделяется многоуровневая аномалия Au размером 700×600 м, с изолиниями 30-50-100-500 мг/т; аномалии Cu, Ag, Mo, аномалией Zn в форме контрастного бублика (тора), вокруг рудоподводящего центра.

Ближайшим аналогом Songkang является рудное поле площади Wafi-Golpu (Папуа Новая Гвинея).

Для реализации потенциала площадей, создана российско-индонезийская компания PT. Lombok Sejahtera Resources, проводится лицензирование площадей, получение разрешений на заверочное бурение, подбирается Инвестор для финансирования проектов.

Черных А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАЛЕДОНИД
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ (АССО)

Западная часть АССО (Салаирский кряж, Кузнецкий Алатау, Горная Шория, Тыва и Алтай) характеризуется широким распространением каледонских комплексов пород и золотого оруденения различных рудных формаций. Пространственное распределение золота определяется геологической эволюцией региона и положением рудовмещающих, рудогенерирующих, рудоматеринских комплексов пород, рудоконтролирующих и рудоподводящих разломов, складчатых деформаций и др. С целью выявления закономерностей локализации золотого оруденения и прогноза выполнен анализ геологических, геофизических, геохимических, дистанционных и металлогенических данных. В результате в пределах западной части Алтае-Саянской каледонской-эпикаледонской металлогенической провинции выделены несколько субпровинций и металлогенических зон, отличающихся своим геолого-структурным строением и металлогенической специализацией.

1. Алтае-Салаирская субпровинция сложена преимущественно вендскими терригенно-карбонатными породами пассивной континентальной окраины и кембрийско-ордовикскими офиолитовыми и островодужными вулканогенно-осадочными комплексами пород. В наложенных прогибах распространены ранне-среднедевонские вулканогенно-осадочные комплексы пород активной окраины андского типа. Отличительной особенностью является широкое распространение девонских гранитоидов. Для субпровинции характерна специализация на Fe, Zn, Pb, Au, Cu, Cr, Ni. Выделены Южно-Салаирская (Cr, Ni, Au), Бердско-Ельцовская (Zn, Pb, Cu, Au, Ag), Пезасско-Баратальская (Fe, Au, Zn, Pb, Cu) и Чарышско-Чуйская (Au, Cu, Pb, Zn) металлогенические зоны.

Для образования золотого оруденения благоприятные условия определяются наличием островодужных и офиолитовых раннекембрийских вулканогенно-осадочных и девонских вулканогенных пород (стратиграфический и литологический минерагенические факторы) и прорывающих их девонских гранитоидов (магматический фактор). Характерным является оруденение золото-сульфидно-кварцевой, золото-скарновой, золото-серебряной и золотосодержащей колчеданно-полиметаллической формации. В северной части (Бердско-Ельцовская зона) широко распространены мел-палеогеновые золотоносные коры выветривания.

2. Алатаусско-Тувинская субпровинция сложена вендскими карбонатными и терригенно-карбонатными блоками пород пассивной окраины и кембрийско-ордовикскими офиолитовыми и островодужными комплексами пород. В линейных грабенах залегают ранне-среднедевонские вулканогенно-осадочные породы тыловых рифтов активной окраины андского типа. Отличительной особенностью является широкое распространение островодужных и коллизионных кембрийских и кембрийско-ордовикских габбро-гранитных и существенно гранитоидных

комплексов. Для субпровинции характерна специализация на Au, Cu, Mo, Fe, Mn, Zn, Pb, Cr. Выделены Алатаусско-Горношорская (Au, Mo, Cu, Fe, Mn, Cr), Северо-Саянская (Au, Fe, Pb, Zn, Cu) и Таннуольско-Улугойская (Au, Cu, Mo, Zn, Pb, Fe) металлогенические зоны.

Для образования золотого оруденения благоприятные условия определяются наличием островодужных ранне-среднекембрийских вулканогенно-осадочных пород (стратиграфический и литологический минерагенические факторы), прорывающих их коллизионных кембрийско-ордовикских гранитоидных комплексов (магматический фактор) и высокая дислоцированность рудовмещающих толщ (тектонический фактор). Характерным является золотое оруденение золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-скарновой и золотосодержащей медно-молибденпорфировой формаций.

3. Западно-Саянская субпровинция сложена позднерифейско-вендскими метаморфическими комплексами и кембрийско-ордовикскими офиолитовыми и островодужными вулканогенно-осадочными комплексами пород. В наложенных прогибах залегают ордовикские турбидитовые отложения. Отличительной особенностью является широкое распространение девонских гранитоидов. Для субпровинции характерна специализация на Fe, Cr, асбест, Au, Cu. Выделены Центрально-Западносаянская (Fe, Co, Cu, W, Mo) и Борусско-Куртушибинская (Cr, асбест, Au) металлогенические зоны.

Для образования золотого оруденения благоприятные условия определяются наличием офиолитовых и островодужных кембрийских вулканогенно-осадочных (стратиграфический и литологический минерагенические факторы), крупных гипербазитовых массивов и мелких тел гранитоидов (магматический фактор), наличие крупных региональных тектонических зон (тектонический фактор). Характерным является золотое оруденение золото-сульфидно-кварцевой, золото-лиственитовой и золото-березитовой формаций.

Таким образом, проведенное металлогеническое районирование позволило определить основные особенности распределения золотого оруденения каледонской эпохи в западной части АССО и дать характеристику металлогенических субпровинций и зон. Полученные результаты послужат основой для дальнейшей детализации металлогенического

**Черных А.И., Миляев С.А., Брысин М.П., Гвоздева И.А.,
Арсентьева И.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)**

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИОННО-СОРБЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (КАЛАРСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ, ГОРНАЯ ШОРИЯ)

Ионно-сорбционный метод (ИСМ) литохимических поисков рудных месторождений проводится путем изучения распределения ионов химических элементов в почвенном покрове. Сущность метода заключается в избирательной способности разбавленного раствора азотной кислоты извлекать катионы из ионообменных, карбонатных, оксидных и органоминеральных форм нахождения элементов в зоне гипергенеза. Верхний почвенный слой (A_1), обладая высокой дисперсностью, служит прекрасным сорбентом катионов, которые при взаимодействии почв с разбавленной азотной кислотой замещаются на ион гидроксония (H_3O^+), переводя катионы химических элементов в раствор, который анализируется ICP MS методом. Метод применяется для поисков «слепых» и погребенных месторождений, перекрытых чехлом молодых осадков.

Эффективность использования данного ИСМ для выявления скрытого колчеданно-полиметаллического оруденения подтверждена работами ФГБУ «ЦНИГРИ» на многочисленных объ-

ектах Рудного Алтая, Енисейского кряжа и Забайкалья. В настоящее время проводится апробация и совершенствование метода для выявления золотого оруденения в скрытом залегании с повышенным количеством рудных минералов, в первую очередь, содержащих S, As, Sb. С этой целью нами проведена апробация ИСМ на Каларском рудном поле (Горная Шория).

Каларское рудопроявление Au и Ag, выявленное в конце 70-х годов прошлого столетия, относится к эпитермальной золото-серебряной формации. Оно приурочено к палеовулканической постройке девонского возраста осложненной разломами. Вдоль субмеридиональных (северо-западных) разрывов, реже нарушений других направлений в зоне влияния субвулканических тел, иногда в них самих, сформировались мощные зоны метасоматически измененных пород, вмещающих жильно-прожилковые золото-сульфидно-кварцевые рудные тела. Метасоматиты представлены березитизированными, аргиллизированными и кварц-серицитовыми разностями. Рудные минералы встречаются в количестве до 5–10%, на отдельных участках до 15–20%. Они представлены золотом, серебром, электрумом, пиритом, марказитом, мельниковитом, арсенопиритом, пирротинном, леллингитом, молибденитом, реальгаром, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, киноварью, аргентитом, акантитом, висмутином, борнитом, тетрадимитом, тетраэдритом, теннантитом и др.

В процессе работ было пройдено 14 профилей, из которых 10 ориентированы вкрест ранее выявленных минерализованных и рудных зон с мощностью рыхлых отложений до 5 метров, а 4 расположены на северном фланге в зоне их предполагаемого продолжения, где мощность рыхлых отложений превышает 10 метров.

По результатам применения ИСМ на Каларском участке были получены следующие результаты.

1. Выявлены вторичные наложенные ореолы рассеяния широкого круга типоморфных элементов (As, Sb, Ag, Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Co) оруденения Каларского проявления, ориентированные в соответствии с простиранием минерализованных зон. Обширный спектр элементов-индикаторов позволяет по набору и их соотношениям проводить предварительную разбраковку геохимических аномалий.

2. Ширина наложенных ореолов рассеяния в пределах минерализованных зон составляет 100–150 метров, что в 2–3 раза превышает ранее выявленные горно-буровыми работами размеры минерализованных зон в коренных породах.

3. При поисках на площадях с мощностью рыхлых отложений 10–15 метров рекомендован геохимический коэффициент $As \times Sb \times Bi \times Ag$, составленный из химических элементов основной рудной ассоциации. Выбранный коэффициент характеризуется высоким размахом $R = \max/\min = 1 \times 10^7$, что существенно превышает любые погрешности анализа.

Проведено сравнение поисковой эффективности применения двух классов крупности анализируемого материала: -0,25 мм и -0,07 мм. Наиболее представительным оказался класс -0,07 мм. Аномалии, выделяемые при обработке полученных данных, отличаются выдержанным характером, высокой контрастностью и интенсивностью.

Кроме решения методических вопросов по совершенствованию методики ИСМ, в результате наших работ на северном фланге проявления выявлена ранее неизвестная контрастная аномалия $As \times Sb \times Bi \times Ag$. Интерпретация этих данных позволяет прогнозировать здесь продолжение минерализованных зон Каларского проявления под рыхлыми отложениями мощностью более 10 м.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о принципиальной возможности использования ИСМ при проведении литохимических поисков золотого оруденения золото-серебряной формации на площадях с повышенной мощностью рыхлых отложений.

**Чиждова И.А., Волков А.В., Лобанов К.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ЭКСПРЕСС ОЦЕНКИ И ВЫБОРА
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ
ПОИСКОВЫХ РАБОТ**

Расширение минерально-сырьевой базы золота – неременное условие устойчивого развития и экономической безопасности России и особенно ее северо-восточных арктических регионов. При выборе перспективных площадей для постановки геологоразведочных работ наиболее важная задача – определение рудноформационного типа оруденения. Отметим, что масштаб месторождения также можно прогнозировать по его формационному типу.

Правильное определение формационного типа нового объекта позволит выбрать направление и предложить эффективную методику дальнейших геологоразведочных работ, и в конечном итоге уменьшить сроки их проведение и финансовые затраты. Для рудообразующих систем, распространенных на Северо-Востоке России, установлены различные формационные типы месторождений золота, отличающиеся друг от друга индикаторным набором микроэлементов (Волков и др., 2017).

Логико-информационное моделирование (ЛИМ) на базе машинного обучения позволяет выделить множество информативных признаков, с указанием их разделяющих весов и диапазонов изменения значений (интервалов-индикаторов), типичных для месторождений золота конкретного формационного типа (Чиждова, 2010).

ЛИМ состоит из трех этапов: 1. определение пределов изменения свойств (интервалов-индикаторов), характеризующих группы изучаемых объектов; 2. количественная оценка их информативности (разделяющих свойств); 3. построение правила отнесения объекта к одной из изучаемых групп на основе полученных оценок.

По разработанной методике дан прогноз для ряда новых месторождений на Северо-Востоке России: Ойра, Печальное, Чинейвеем, Токичан, Делювиальное, Горностаево. Рудопроявления Ойра, Чинейвеем, Горностаево расположены в Охотско-Чукотском вулканоплутоническом поясе, последние два в Арктической зоне (Центральная Чукотка). Краткое описание рудопроявлений Ойра, Токичан и Чинейвеем приведено в базе данных проекта “Электронная Земля”. Рудопроявление Печальное приурочено к Хурчан-Оротуканской зоне тектономагматической активизации. Проявления Токичан и Делювиальное локализованы в терригенных толщах Яно-Колымского складчатого пояса. Делювиальное – в Арктической зоне, на северо-востоке Якутии.

По результатам компьютерной экспресс-оценки перечисленных выше рудопроявлений с использованием разработанных моделей все объекты, кроме Делювиального, получили наибольший вес, указывающий на Au-Ag эпипермальный формационный тип, что соответствует оценке экспертов-геологов. Ближайшие эталонные аналоги по коэффициенту сходства ($>0,940$) – также месторождения этого формационного типа. Для Токичанских проб, кроме первого (Au-Ag эпипермального), отмечены также высокие веса, указывающие на наличие второго формационного типа (Au-кварцевого), что также подтверждает выполненную ранее экспертную оценку. Пробы Делювиального характеризуются весами двух формационных типов: второго (Au-кварцевого) и третьего (Au-сульфидного), что позволяет по-новому оценить его масштаб как, возможно, крупного объекта. Ближайшие эталонные аналоги Делювиального по коэффициенту сходства (0,965 и 0,922) – месторождения второго (Au-кварцевого) формационного типа.

Масштабы установленных компьютером эталонных месторождений аналогов в основном не противоречат прогнозной оценке новых объектов, за исключением месторождения Ойра,

которое в базе данных отнесено к мелким объектам. Однако следует отметить, что мелким месторождением считалось ранее и месторождение Двойное, запасы которого в последние годы были значительно увеличены, в связи с открытием новых и доразведкой известных рудных тел. Результаты компьютерного моделирования, позволяют рекомендовать продолжить изучение месторождения Ойра.

Чикатуева В.Ю. (ООО «Институт геотехнологий»)
КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УЧАСТКА ЗОЛОТОРУДНОГО ШТОКВЕРКА
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДРАЖНОЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ БУРЕНИЯ
ОРИЕНТИРОВАННОГО КЕРНА

Месторождение Дражное малосульфидного золото-кварцевого типа находится в зоне Адыча-Тарынского глубинного разлома СЗ-простираения и приурочено к северо-восточному крылу и замыканию Тарынской синклинали, сложенной алевропесчаниками и алевролитами верхнего триаса.

Специалистами ИГТ при участии автора в 2016–2018 г. были проведены комплексные исследования по уточнению строения месторождения – структурное картирование карьера, минералогическое изучение руд, а также исследование ориентированного керна. По итогам работ была разработана структурно-кинематическая модель, которая включает три основных этапа деформаций. На первом, дорудном этапе, сформировалась зона Адыча-Тарынского разлома, которая представляет собой широкую зону сгущения преимущественно левосторонних сдвиго-взбросов СЗ-простираения, а также сопряженных правосторонних сдвиго-взбросов СВ-простираения. На втором (рудном) этапе произошел поворот вектора сжатия по часовой стрелке. Сформировалась узкая рудоконтролирующая зона левосдвиговых деформации ССЗ-простираения, в которой локализовались рудоносные штокверки надвигового типа, образующие структуры бокового сжатия push-up на сочленении продольных кулисных сдвигов второго порядка внутри сдвиговой зоны. На третьем этапе, в том же поле напряжений, формируются тектониты пострудной хрупкой деформации дробления (катаклазиты и милониты). Таким образом, дорудные складчатые структурные парагенезы на рудном и пострудном этапах были активизированы и усложнены. Разномасштабные рудные структурные парагенезы связаны с надвиговыми, взбросовыми и сдвиговыми смещениями. Наклонные пластинообразные рудные штокверки часто ограничены крутопадающими дорудными разломами. Гидротермальные образования представлены жилами и прожилками карбонат-кварц-сульфидного состава. Сульфидная минерализация и золото характеризуется крайне неравномерным распределением в пределах рудных штокверков

С целью выявления наиболее богатых жильно-прожилковых систем в пределах рудных тел, был подробно изучен участок рудоносного штокверка из центральной части месторождения, который пересечен кустовыми скважинами с отбором ориентированного керна. Данное исследование включало:

1. Разделение жил и прожилков по углу и азимуту падения в среде Micromine;
2. Детальное изучение рудных интервалов: полевое изучение керна и его геологической и фото документации, изучение распределения сульфидной минерализации и золота, построение стереограмм для жильно-прожилковых тел, а также изучение образцов керна методом рентгеновской микротомографии;
3. Выделение наиболее золотонасыщенных систем жил и прожилков на основе полученных данных с последующим их моделированием в среде Micromine.

В результате было выявлено северо-восточное простираание наиболее рудонасыщенных жил и прожилков в штокверках и их пологое падение на юго-запад и северо-восток. Следует отметить, что наиболее золотоносные прожилки ориентированы поперек простираания рудоносной структуры второго этапа деформаций. Также мы можем говорить о его формировании в условиях горизонтального СЗ и ЮВ сжатия и вертикального растяжения, тем самым детализируя предложенную ранее модель формирования месторождения.

Выполненный анализ золотоносности различных систем жил и прожилков в сложной полихронной рудоносной структуре позволит уточнить геометрию сети разведочных скважин для пересечения рудоносных жил и прожилков в штокверках под оптимальными углами.

**Шаповалов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
О ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПАХ СОБСТВЕННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ РФ**

В Госбалансе (ГБ) месторождения золота подразделяются на три промышленных группы: собственные золоторудные, комплексные и россыпные. Основная группа собственных месторождений имеет 67 % всех балансовых запасов и 66% добычи по РФ и делится на 14 промышленных типов, где подавляющая часть запасов ABC_1 (88,4% от собственных по РФ) «сконцентрировано в золотом типе», насчитывающим 269 месторождений (из 405 по РФ) с добычей в 2017 году 157 911 кг (65,3%). С учётом категории C_2 эти соотношения будут, соответственно 79,4% по запасам и 53% – по добыче. В остальных 13 промышленных типах ГБ числятся лишь первые проценты запасов и добычи или их доли. И вопрос о приоритете этих промышленных типов собственных месторождений автоматически снимается.

Попытка провести укрупнение данной систематики до нескольких более представительных типов, объединяющих указанные в ГБ промышленные типы без изменения самой многолетней систематики привела к следующему:

1. Золотой тип (269 месторождений), как самый представительный в ГБ сохраняется в существующем виде;

2. Золото-сульфидно-кварцевый (70 месторождений) тип объединяет другие три типа ГБ – золото-сульфидный, золото-сульфидно-кварцевый и золото-кварцевый представляющих большой ряд плутоногенных золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах (нередко различного состава, возраста), прямо или скрыто связанных с интрузиями кислого и среднего состава и характеризующиеся переменным количеством в рудах кварца, пирита и арсенопирита со связанным и свободным золотом;

3. Золото-серебряный тип (50 месторождений) объединяет серебряно – золотой и золото-серебряный протипы ГБ, характерные для близповерхностных вулканогенных месторождений различных минеральных типов (по продуктивному парагенезису и отношению Au/Ag);

4. Группа прочих (16 месторождений) включает семь промышленных типов ГБ, объединённых из-за своей низкой представительности: золото-колчеданные (4), там же окисленные (4), золото-серебряно-баритовые (0), золото-сурьмяные (1), медно-золоторудные (1), полиметалльно-золотые (4), золото-скарновые (2) и золотосодержащие бурые железняки.

Многими геологами под сомнение ставится правильность выделения в ГБ в группе собственных месторождений золота такого отдельного типа как золотой, вызывающий определённые разночтения применительно к конкретным месторождениям. Месторождения этого типа до попадания в сферу ГБ в большинстве своём относились геологами к рудам золото-кварц-сульфидной, золото-кварцевой или др. формации. При изучении отмечалось лишь их структурно-

морфологическое разнообразие, степень сульфидности руд и переменчивость связи золота с сульфидами. Примеров много. В частности, большинство золоторудных месторождений Колымы, ЧАО и Якутии, в т. ч. Наталкинское, Каральвеем, Нежданинское и др., всегда относились к золото-кварцевому типу (формации), а часть – к золото-сульфидно-кварцевому, такие, как Кючус и др.

В настоящих тезисах хотелось бы заострить вопрос о пересмотре в ГБ систематики промышленных типов собственных золотых месторождений с учётом высказанных замечаний. Без этого любые сопоставления выделяемых типов по ценности, значимости и т. п., включая приведённые в таблице, остаются недостаточно корректными.

Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А. (МГРИ-РГГРУ)
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЗОЛОТОНОСНЫЕ ВЕЩЕСТВЕННО-СТРУКТУРНЫЕ
КОМПЛЕКСЫ ГОРНЫХ ПОРОД ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ ЕГИПТА

Золоторудные месторождения докембрия на территории Египта приурочены к покровно-складчатой тектонической зоне распространения ультрамафитовых, офиолитовых пород, а также вулканогенно-осадочных отложений неопротерозойской палеовулканической островной дуги. Все горные породы были интродуцированы габбро-долеритами, многофазными гранитоидами, грано-диоритами и дайками фельзитов.

Нами в геологическом строении докембрийского северного фрагмента Аравийско-Нубийского щита на территории Египта выделены золотоносные и потенциально золотоносные вещественно-структурные комплексы горных пород (ЗВСК). В их строении участвуют различные формационные типы вмещающих горных пород, околорудных метасоматитов с присущей им минерализацией золота или золотосульфидным оруденением.

Формирование золоторудной и золотоносной минерализации происходило последовательно на протяжении пяти этапов геодинамической эволюции района (рифтогенного, островодужного, субдукционного, коллизионного и позднеколлизионного). На ранних этапах геологического развития территории происходило накопление и перераспределение золота, в связи с проявлением углеродистого метасоматоза в ультрамафитах на ранних этапах и сульфидизации вулканогенно-осадочных, железисто-кремнистых и вулканогенных отложений. Внедрение гранитоидов на заключительном позднеколлизионном этапе развития территории сопровождалось проявлением щелочного калиевого метасоматоза и формированием крупнотоннажного месторождения золото-кварц-малосульфидной рудной формации.

Установлено, что золотоносность вулканогенно-осадочных отложений и магматических пород закономерно увеличивается от ранних этапов эволюции пород докембрия покровно-складчатой области к позднему коллизионному этапу, на котором формировались уже промышленные руды месторождений золота.

Золотая минерализация проявлена в разной степени во всех вещественно-структурных комплексах пород Восточной пустыни Египта. На ранних этапах геотектонического развития территории происходит накопление золота в ультрамафитах и зеленокаменных вулканогенно-осадочных отложениях. На заключительных этапах происходит перераспределение золота и его концентрация в месторождениях вулканических массивных сульфидов и в позднеколлизионных гранитоидных породах калиево-щелочного состава.

Поэтому важнейшей предпосылкой проявления промышленного золотого оруденения на территории Восточной пустыни Египта является наличие продуктов позднеколлизионного гранитоидного магматизма с интенсивным проявлением щелочного калиево-кремниевых

метасоматоза среди пород ультрамафитового состава, чередующихся с углеродистыми сланцами.

На закрытой территории пустыни такие потенциальные рудные зоны могут быть выявлены инновационными методами аэрогаммасъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов, что существенно снизит себестоимость геологоразведочных работ на золото в Египте.

Шодиев З.Б. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАПАСОВ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
АМАНТАЙТАУ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ГГИС

В настоящее время предприятия горной отрасли Узбекистана, как и все мировые горно-рудные компании при подсчёте запасов и моделировании рудных тел применяют горно-геологические интегрированные системы (ГГИС) – SURPAC, MICROMINE, DATAMINE и др. Технология производства этих работ состоит из следующих этапов:

1. Создание базы данных по всем горным выработкам и скважинам, пройденным на стадиях изучения месторождения и эксплуатации;
2. Проведение расчета рудных интервалов (композимирование), оконтуривание рудных тел;
3. Увязка рудных тел (каркасное моделирование);
4. Усреднение ураганных содержаний золота;
5. Геостатистический анализ и блочное 3D моделирование.

В связи с началом строительства нового горно-металлургического завода (ГМЗ) №5 Навоийского горно-металлургического комбината, возникла необходимость в расширении сырьевой базы золота. С этой целью был проведен новый подсчет запасов золотосодержащих сульфидных руд участков Центральный и Северный золоторудного месторождения Амантайтау (Центральные Кызылкумы) на основе геостатистических методов. Согласно инструктивным документам по сопоставлению данных разведки и эксплуатации месторождений, работы по пересчету разведанных запасов должны проводиться в среднем каждые 5 лет для корректировки рудничного планирования.

Месторождение Амантайтау приурочено к слабометаморфизованным песчано-алевролитосланцевым отложениям верхнеордовик-нижнесилурийского (?) возраста.

Промышленные рудные тела локализуются преимущественно в секущих разломах субмеридионального и северо-западного простирания, образующих единую золоторудную Амантайтаускую рудную зону общей протяженностью около 2,8 км при мощности до 600–800 м. Серией более молодых разрывных нарушений широтного и северо-восточного простираний зона разбита на ряд блоков с относительным перемещением от первых метров до сотен метров.

Амантайтауская рудная зона северо-восточным Центральным разломом разделена на 2 части: участок Северный и участок Центральный. На участке Центральный рудные тела в основном выходят на поверхность, на участке Северный перекрыты мощным чехлом мезокайнозойских отложений.

В результате проведенных работ в ГГИС MICROMINE определены оптимальные параметры разведочных кондиций и вариант бортового содержания золота для подсчета запасов золотосодержащих сульфидных руд на участках Центральный и Северный месторождения Амантайтау для открытой отработки. Принято содержание 0,5 у.е., обеспечивающее наиболее полное экономически эффективное извлечение разведанных запасов.

По результатам пересчета общие запасы золота увеличились относительно числящихся на государственном балансе: по участку Центральный на 16,3%, по участку Северный на 10,4%.

Всего в подсчете запасов участвовали 75 подсчетных блоков, в том числе на участке Центральный 24 блока, на участке Северный – 57 блоков. Разница между запасами, подсчитанными по блочной модели и традиционным способом составили в целом по участку: по руде – 2,6%, по золоту – 2,5%, по содержанию золота – 0,24%.

Результаты объемного геостатистического моделирования показали возможность дальнейшего увеличения запасов месторождения Амантайтау за счет доизучения северо-западного фланга рудных тел 8а, 11, 12 Северного участка.

**Юдовская М.А. (Университет Витватерсранд, ФБГУН «ИГЕМ РАН»),
Костин Г. (Райс Университет), Шиловских В.В. (Геомодель РЦ СПбГУ, ИМин УрО РАН),
Чаплыгин И.В., Служеникин С.Ф. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)**

ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ХРОМИТА В ПРОЦЕССАХ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ

Тесная ассоциация элементов платиновой группы с хромитом известна для многих генетических типов месторождений, включая подиформные хромититы в офиолитовых комплексах, месторождения связанные с коматиитовым вулканизмом, мощные залежи в силлообразных телах типа проточных магматических каналов, а также стратиформные тела в расслоенных интрузивах. В последней группе интрузивных комплексов два генетических типа оруденения – хромитовое и сульфидное медно-никелевое совмещены, что привело к сосуществованию двух типов распределения элементов платиновой группы (ЭПГ). Наиболее известными примерами такого совмещения являются хромитоносные сульфидные и малосульфидные хромитовые ЭПГ рифы комплекса Бушвельд. Такая же совмещенная хромит-сульфид-ЭПГ минерализация наблюдается в норильских дифференцированных интрузивах.

В магматических обстановках хромит кристаллизуется как один из первых ликвидусных минералов или в составе котектик, при этом часто захватывая комплексные включения сосуществующего расплава. Исходя из раннего зарождения хромита в расплавах, традиционно предполагается, что большинство таких включений были захвачены на ранних стадиях кристаллизации. Составы минералов из включений, однако, могут значительно отличаться от составов соседствующих кумулусных и интеркумулусных минералов, но разнообразие микровключений в хромите принимается чаще как свидетельство изменчивых условий кристаллизации.

Мы провели сравнение текстур хромита из рифов Бушвельда и норильских интрузивов с текстурами ксенокристов хромита из ультраосновных ксенолитов, вынесенных дайкой базальта неогенового возраста на острове Итуруп (Курильские острова). Наши наблюдения согласуются с моделью М. Леблана (Leblanc, 1980), который, возможно, первым предположил, исходя из наблюдений по морфологии включений, что вакуоли и включения в хромите из подиформных хромититов сформировались в процессе частичного растворения и последующего залечивания-дораствания хромитовых зерен. Взаимодействие ксенокристов хромита с недосыщенным по хромиту островодужным базальтовым расплавом в образцах с о. Итуруп является природным экспериментом, в котором формируются текстуры растворения и залечивания кристаллов хромита. Мы интерпретируем схожие текстуры хромита из Бушвельда и норильских интрузивов также как реакционные, сформировавшиеся при растворении-переотложении ранних кумулусных кристаллов при их взаимодействии с остаточными дифференцированными расплавами, недосыщенными по хромиту и обогащенными несовместимыми элементами. Данные EBSD исследований подтверждают монокристалльный рост всех компонентов зерен хромита с реакционными текстурами такими как ситовидная, атоллочная, симплектитовая и амёбовидная. В

процессе прерывистого неравновесного роста, включающего эпизоды растворения и регенерации, хромит может захватывать различные популяции гетерогенных (расплав-кристалл-флюид) включений, лишь наиболее ранние из которых представительны для состава материнского расплава. Появление таких текстур в разрезе свидетельствует о смешении расплавов, которое является также основным фактором достижения сульфидного насыщения и, таким образом, контролирует локализацию сульфидного платинометального оруденения.

Исследования поддержаны РФФИ (грант 18-05-70073).

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Malovichko M.S., Yavich N.B. (Moscow Institute of Physics and Technology, Skolkovo Institute of Science and Technology), Tarasov A.V. (Saint-Petersburg University)
THREE-DIMENSIONAL ACTIVE-SOURCE ELECTROMAGNETIC METHODS IN MINERAL EXPLORATION

The three-dimensional (3D) electromagnetic (EM) inversion methods and acquisition equipment have been advanced considerably over the recent decades. However, industry practice sometimes lags the availability of the technology by a wide margin. Frequently, the field methods applied in the mineral exploration are not designed for quantitative 3D interpretation despite a complex geological environment and challenging exploration tasks.

We present a feasibility study of using modern 3D electromagnetic methods with the active source and dense acquisition grids in mineral exploration. In this research, we studied three active-source methods: (a) the CSAMT, (b) the direct-current (DC) sounding, and (c) the controlled-source multi-offset method in the frequency domain, usually labelled as CSEM. These methods possess high spatial resolution, and for these methods the 3D inversion problem with many sources can be solved on modern supercomputers for reasonable time.

A digital three-dimensional model of Sukhoi Log gold deposit was created based on the results of an extensive drilling program undertaken in 1970s. The deposit has been explored by various geological and geophysical means in details, so it is perfectly suited for testing and verification. The mineralized zone forms a dipping tabular body of high-conductive rocks (Khomolho formation) parallel to the axial plane of the fold. It is embedded into low-conductive Imnyakh formation. A strong contrast between the target and the host conductivity can be detected by electromagnetic geophysical measurements. On the other hand, a high conductivity contrast, complex three-dimensional composition, and deeply located target creates difficulties for numerical algorithms of conductivity reconstruction.

During this study, we developed a software for solving non-linear three-dimensional inversion problems of electromagnetic geophysics. The forward solution is based in a second-order finite-difference scheme with iterative solution of arising system of linear equations leveraged with the contraction-operator preconditioner. The code is parallelized for CPU-based computational systems with shared and distributed memory using OpenMP/MPI. The inversion was running on a cluster of 24-core nodes equipped with Intel Xeon E5-2680v3 CPUs @2,5 GHz.

The inversion of CSEM data (24 electric dipoles, 4 frequencies 1÷500 Hz, 187 receivers on a grid 500×500 m) allowed to delineate the top and bottom of the main mineralization zone with impressive accuracy and to detect the high-conductive rocks of Middle-Khomolho formation within the interval 1–1,5 km. The inversion runtime was 150 h on 1008 compute cores. The DC measurements (24 source locations) allowed to localize the main orebody with somewhat lower spatial resolution. The DC inverse problem took 36 h on 576 cores. The CSAMT inversion model revealed the position of the top of the mineralization zone and the dip direction. The inverse problem was running 5 h on 120 cores.

Our results suggest that, using a dense 3D CSEM data for mineral explorations can increase the quality of model reconstruction, comparing to the other methods. At the same time, in our example the improvement over conventional DC method may be not enough to justify the substantially higher cost of the CSEM survey. The CSAMT inversion required few computing resources and was able to identify the presence of the conductive body. Overall, inversion of 3D electromagnetic data is feasible

with currently available codes and computing resources. The resulting 3D image of the subsurface, the resolution of which depends on the geophysical method and the acquisition system, can substantially improve the quality of geophysical interpretation.

Алеко С.В., Петухов. А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ Pb-Zn ПРОЯВЛЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ
КАДАИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Одним из перспективных регионов для развития МСБ свинца и цинка является Приаргунская минерагеническая зона (МЗ) (Забайкальский край), территория которой имеет развитую и строящуюся инфраструктуру.

В результате работ по проекту «Специализированные геолого-геохимические работы для обоснования переоценки перспектив золото-полиметаллического оруденения основных рудных районов и узлов Приаргунской структурно-формационной зоны (Забайкальский край)» ЦНИГРИ совместно с «Читагеологоразведка» было проведено металлогеническое районирование с выделением рудных районов и узлов и ранжирования их по степени перспективности. Был проведен анализ комплекта карт всех выделенных рудных районов на основе послыонного метода прогнозирования. В комплект, кроме структурно-формационных и литолого-фациальных тематических слоев, анализировались слои геохимической и геофизической нагрузки. Использование слоев с учетом пространственных соотношений их элементов с прямыми признаками рудоносности (рудные месторождения и проявления, рудная минерализация и околорудные изменения и др.) определяет потенциал выявления скрытых промышленных объектов, в виде детализационных участков, ранжированных по степени перспективности. Одним из наиболее перспективных является Нерчинско-Заводской рудный район и в частности Кадаинский рудный узел.

Рудовмещающей для месторождений рудного узла является верхняя (углеродисто-терригенно-карбонатная ($C_{1,2}$)) субформация, относящаяся к карбонатно-терригенной формации венда-нижнего кембрия. Субформация сложена доломитами, доломитовыми известняками и известняками с прослоями глинистых и мергелистых сланцев.

В пределах рудного узла расположены эталонные месторождения Михайловское и Кадаинское, а также ряд рудопроявлений и приисков (Преображенский, Лабинский, Даурский, Афанасьевский и др.), относящиеся к Приаргунскому (Нерчинско-Заводскому) формационному типу в осадочных толщах (SEDEX). Кадаинское месторождение локализуется в известняках, доломитах, углеродистых алевролитах и относится колчеданно-свинцово-цинковому минеральному типу с преобладанием свинца над цинком (соотношение $Pb:Zn=2,2:1,0$). Главные рудные минералы месторождения: сфалерит, галенит, пирит ($Zn=1,4-5,38\%$; $Pb=3,88-12,28\%$). Рудовмещающие отложения Михайловского месторождения представлены слабографитистыми и доломитизированными известняками. Руды месторождения относятся к колчеданно-свинцово-цинковому минеральному типу с примерно равным содержанием свинца и цинка (соотношение $Pb:Zn=1,0:1,1$). Главными рудными минералами являются пирит, марказит, сфалерит, галенит ($Pb=1,97-5,69\%$, $Zn=3,11-5,02\%$). На Михайловском месторождении от периферических к центральным частям рудных тел уменьшается содержание пирита, сфалерита, галенита и кварца, а марказита и сфалерита – увеличивается. В некоторых рудных телах наблюдается более сложное распределение сфалерита: сначала увеличение, затем уменьшение содержаний сфалерита от периферических частей таких рудных тел к центральным. По восстанию рудных тел последовательно сменяются интервалы, обогащенные марказитом, сфалеритом, галени- том, сульфосолями (с кварцем, пиритом, арсенопиритом).

В пределах рудного узла выделены комплексные геохимические аномалии, аномалии силы тяжести и магнитного поля, что подтверждает высокие перспективы выявления новых свинцово-цинковых проявлений.

Богославец Н.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
ОРУДЕНЕНИЯ НОЙОН-ТОЛОГОЙСКОГО ТИПА В ПРЕДЕЛАХ
АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Александрово-Заводский рудный узел располагается в Шахтаминском рудном районе и характеризуется приуроченностью к единой рудоконтролирующей структуре, возникшей на определенной стадии геологического развития, сопровождающейся однотипной вулканоплутонической ассоциацией, возникшей на стадии позднеюрской тектономагматической активизации. Роль ведущего минерагенического фактора здесь играет Александрово-Заводская вулканотектоническая депрессия мульдообразной формы, вытянутая в северо-восточном направлении и ограниченная глубинными разломами первого порядка. Депрессия сложена юрскими песчано-сланцевыми, конгломерато-песчанистыми образованиями, перекрытыми туфогенно-, вулканогенно-осадочными отложениями, прорванными субвулканическими телами риолитов, штоками средне- позднеюрских монзонитов и граносиенитов, дайками гранодиоритов и диоритовых порфириров. Выявление стратифицированного полиметаллического оруденения прогнозируется вдоль осевой части Александрово-Заводской вулканотектонической депрессии. Это узкая полоса (3,0–3,5 км) протяженностью 27 км, характеризующаяся развитием в юго-западной части (7–8 км) наиболее продуктивной терригенно-вулканической толщи. В северо-восточной части выявлены месторождения и проявления рудной минерализации Нойон-Тологойского типа. В юго-восточной части депрессии ожидается выявление стратифицированных полиметаллических объектов.

Основным прогнозируемым геолого-промышленным типом является колчеданно-полиметаллический, с залеганием месторождений в вулканотектонических структурах юрского структурного этажа (Нойон-Тологойский тип). Внутреннее строение ВТС определяется конседиментационными блок-синклиналями в сочетании с блок-антиклиналями, осложненными складчатостью более высокого порядка. Надрудные толщи представлены терригенно-вулканогенной рифтогенной формацией мелового возраста. Подрудные образования – интрузивные и метаморфические образования докембрийско-палеозойского возраста. Разрывные нарушения многочисленны и разнообразны, играют важнейшую роль в локализации и морфологии рудных узлов и месторождений: разломы всбросо-надвигового типа с приразломными зонами дробления и складчатостью являются рудоподводящими (1 и 2 порядка) и рудовмещающими (3–4 порядка).

Размещение стратифицированного полиметаллического оруденения контролируется рядом факторов: структурный контроль выражается в расположении месторождений в бортах блок-синклиналей или в их сочленении с блок-антиклиналями; стратиграфический контроль заключается в приуроченности к верхнеюрскому (J_3) стратиграфическому уровню; литологический фактор выражен в размещении рудных объектов в вулканогенных или терригенных пачках; магматический контроль выражен в широком развитии даек пестрого состава или порфировых тел субвулканического иногда интрузивного уровня; морфология рудных тел пластовая, линзовидная, представленная прожилково-вкрапленной минерализацией; гидротермально-метасоматические изменения (кварц-серицитовые, пропилитовые и аргиллизитовые);

геохимический контроль оруденения проявлен в развитии комплексных геохимических ореолов зонального строения: Bi-Zn-As-Au-Ag-Pb-Sb-Hg; геофизический фактор выражен положительными гравиметрическими аномалиями, аномалиями естественного электрического поля и вызванной поляризации.

**Брель А.И. (ОСП «Читагеологоразведка» АО «Сибирское ПГО», АО «Росгео»)
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ ОБЪЕКТАХ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**

На территории Забайкальского края отмечена отчетливая связь полиметаллического оруденения с определенными комплексами пород. Большая часть месторождений локализована в сланцево-доломитовых толщах венд-кембрийского возраста и представлена мелкими месторождениями – Приаргунским геолого-промышленным типом.

Второй тип золото-полиметаллических месторождений локализован в вулканогенно-осадочных породах юры, рудные тела которого представлены жилами и пластообразными телами и характеризуются значительными масштабами.

На начало 2000-х годов минерально-сырьевая база Забайкальского края характеризовалась наличием среднего по масштабам Ново-Широкинского месторождения и 16 мелкими объектами Приаргунского типа, прогнозные ресурсы P_1+P_2 по свинцу и цинку не превышали 50 тыс. т.

Подобное состояние минерально-сырьевой базы полиметаллических руд не внушало оптимизма для привлечения инвестиций в восстановление и развитие отрасли. Переломным моментом в расширении МСБ полиметаллических руд стала оценка и разведка месторождения Нойон-Тологой, данный объект определился как крупный с утвержденными запасами $B+C_1+C_2$ более 90,0 млн. т руды под подземную и открытую отработку.

Месторождение приурочено к Мулинской ВТС в узле пересечения крупных разломов СВ и СЗ простирания. Рудные тела представлены скрытыми пластообразными залежами протяженностью 1–3 км, по падению прослеживаются до 500–1000 м. мощность рудных тел от 1 до 50–100 м. Рудные тела локализованы в пределах пологопадающих срывов, развитых по литолого-стратиграфическим границам пород.

Стало очевидно, что ресурсный потенциал Забайкальского края на выявление средних и даже крупных месторождений далеко не исчерпан.

С целью переоценки прогнозного потенциала ЮВ Забайкалья специалистами ФГБУ «ЦНИГРИ» и ОАО «Росгеология» проведены поисковые работы в пределах Приаргунской структурно-формационной зоны. В ходе реализации данного проекта был выполнен значительный объем камеральных работ, проведен структурно-формационный, литолого-фациальный анализ перспективных рудных узлов, составлены геологические модели наиболее крупных месторождений. Проведенные полевые заверочные работы позволили ранжировать перспективные площади, подтвердили высокие перспективы выявления новых объектов не только Нойон-Тологовского, но и Приаргунского геолого-промышленного типа. В результате проведения дальнейших поисковых работ в пределах Приаргунской зоны выявлено два перспективных рудопроявления Талман и Кодак, локализованных в аналогичной геологической ситуации с месторождением Нойон-Тологой. Протяженность рудных тел данных проявлений 3000–2000 м, по падению они прослеживаются на 500–700 м. Прогнозные ресурсы цинка условного ($Zn+Pb+Ag+Au$) оцениваются в 700–1100 тыс. т.

Не смотря на наличие значительного количества апробированных прогнозных ресурсов, они представлены в основном прогнозами низкой (P_2 – P_3) категории, которая является слабо привлекательной для привлечения частных инвестиций.

Дальнейшее расширение минерально-сырьевой баз полиметаллических руд должно развиваться по двум направлениям:

1. Поиски скрытого стратифицированного оруденения «Нойон-Тологоевского» типа в вулканогенно-тектонических структурах.

2. Переоценка ресурсного потенциала известных месторождений традиционного для Забайкалья Приаргунского геолого-промышленного типа.

Несмотря на довольно высокую изученность перспективных площадей, расширение масштабов известных месторождений возможно за счет изучения их флангов и комплексности руд. Примером такого подхода является кратное расширение масштабов Воздвиженского и Ивановского месторождений.

Воробьев Ю.В., Кузовенков А.Д.,

Самсонкин А.В. (ООО «СЗГГК «Геокомплекс»)

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА И НОВОЙ ЗЕМЛИ

Крупные месторождения полиметаллических руд являются основой минерально-сырьевой базы металлургической промышленности России, поставляя в первую очередь свинец и цинк, а также такие металлы как медь, золото, серебро, никель, кобальт, кадмий, висмут, олово, индий, галлий и т.д. В связи с все более возрастающими потребностями промышленной отрасли России особенно остро стоит вопрос поисков новых крупных полиметаллических месторождений и доразведки известных.

Одну из важнейших ролей в решении этой задачи играет геофизика. Полиметаллические руды контрастно отображаются во многих потенциальных и искусственных физических полях, для их поисков используют широкий спектр геофизических методов (электроразведка, гравиразведка, магниторазведка, спектрометрия, сейсморазведка). На выбор оптимального комплекса методов направлены проведенные авторами исследования. Основой послужили работы авторов на известных полиметаллических месторождениях Урала и Новой Земли, а также публикации зарубежных коллег из Казахстана.

Новая Земля. Рудовмещающие структуры Павловского месторождения: все известные к настоящему времени рудные залежи приурочены к рифогенной карбонатной толще, маркирующей крылья антиклинального свода и выделяющейся. Крылья осложнены серией разноамплитудных разрывных нарушений сбросо-сдвигового и взбросо-надвигового плана, обуславливающих в поперечном сечении клавишную структуру рассматриваемой территории. Рудные залежи размещены на юго-западном крыле, интенсивно осложненном разрывной тектоникой.

На месторождении Павловском Новая Земля проведен комплекс геофизических методов (гравиразведка, магниторазведка, электроразведка методом ТЭЗ-ВП и КВЭЗ) по результатам которого заложены буровые скважины полностью подтвердившие выделенные рудные тела.

Урал. Уткинское месторождение имеет классическое трехуровневое строение: в нижней части преобладают базальты, чередующиеся с андезидацитами и дацитами, в средней части развиты преимущественно андезидациты, в верхней - дациты, андезидациты, чередующиеся

с базальтами и андезибазальтами. Колчеданные руды имеют строго подчиненное положение и размещены на трех литолого-стратиграфических уровнях.

Проведенные площадные работы позволили обнаружить линейную зону повышенной поляризуемости в которую попали все известные рудные тела. Исследование выделенной зоны электроразведкой методом ТЭЗ-ВП позволило выделить рудоносную структуру и определить элементы ее глубинного строения.

При проведении поисковых работ на полиметаллические руды наиболее эффективным показал себя геофизический комплекс, состоящий из площадных работ методами магниторазведки и электроразведки ВП-СГ(СЭП) (направленных на решения структурно-картировочных задач, выявление и прослеживание по простиранию неоднородностей и разрывных тектонических нарушений, зон сульфидной минерализации) и, на выделенных потенциально рудоносных структурах, профильных работ методом электроразведки ТЭЗ-ВП (для определения основных геометрических параметров и положения в пространстве рудных залежей и рудоконтролирующих структур, дифференциации и классификации этих объектов по объемному содержанию электропроводящих включений).

**Гирфанов М.М., Андреев А.В., Авилова О.В., Старостин И.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ
МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ ОБЪЕКТОВ КЫЗЫКЧАДРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ
(РЕСПУБЛИКА ТЫВА)**

Кызыкчадрское рудное поле расположено в центральной части одноименного рудного узла Алтае-Саянской минерагенической провинции, включает штокверковое золотосодержащее молибден-медно-порфировое рудопоявление Кызык-Чадр, золото-сульфидно-кварцевое жильно-прожилковое проявление Жила №1 и ряд золотоносных кварцевых жил. Разработанная геолого-поисковая модель объектов Кызыкчадрского рудного поля включает в качестве элементов следующие критерии и признаки.

Формационные: полифазный массив рудоносного габбро-диорит-гранодиорит-гранитового кызыкчадрского интрузивного комплекса (ϵ_{2-3}); субстрат – метаморфизованная вулканогенно-осадочная толща V- ϵ_1 .

Структурные: интрузивное палеоподнятия в зоне влияния субширотного глубинного разлома. Рудоносные штокверки приурочены к экзо-эндоконтактной зоне вытянутого крутопадающего пластинообразного «порфирового интрузива». Объекты золото-сульфидно-кварцевого жильно-прожилкового типа контролируются зонами трещиноватости и расщеливания тектонических линз гранитоидов в метаморфитах.

Формационно-петрологические (литологические): «порфировые интрузивы», сложенные породами поздних порфировых фаз внедрения рудоносного интрузивного комплекса.

Метасоматические: комплексный рудно-метасоматический ореол, образованный телескопированием калиевых (кварц-калишпатовых) и филлизит-пропилитовых (кварц-серицит-эпидот-хлоритовых) изменений, сопровождающих прожилково-вкрапленную сульфидную минерализацию. Метасоматическая зональность заключается в смене от центра к периферии генерализованных метасоматических зон: калиевой ($Qz, Kfsp \pm Ab, Chl$), филлизитовой ($Ser, Qz \pm Chl, Cc, Ab$) и пропилитовой с двумя подзонами – внутренней ($Chl, Qz \pm Kfsp, Ab, Ser, Cc$) и внешней ($Chl, Ep, Ab \pm Cc, Ser, Qz$).

Геохимические: группы сближенных комплексных первичных и вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов (Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn).

Минералогические: проявления первичной и окисленной вкрапленной и прожилково-вкрапленной золотосодержащей молибденово-медной и жильно-прожилковой золото-сульфидно-кварцевой минерализации.

Геофизические: аномалии ВП (>5%), повышенная интенсивность магнитного поля (>50 нТл для «калиевой зоны») и высокие значения кажущегося сопротивления (5000–8000 Ом•м).

Минералого-геохимические: минерализация двух сопряженных рудноформационных типов: (1) золотосодержащего молибден-медно-порфирового с пиритовой, магнетитовой, борнит-халькопиритовой, пирит-молибденит-халькопиритовой, халькопирит-блеклорудной и полиметаллической рудными минеральными ассоциациями и (2) золото-сульфидно-кварцевое жильно-прожилковое с золото-кварцевой и борнит-халькопиритовой минеральными ассоциациями.

Морфология прогнозируемых рудных тел: крутопадающая линейная штокверковая зона золотосодержащей медно-молибденовой минерализации (1700×100–200 м); на флангах развиты маломощные (до 14 м) непротяженные (40–170 м) золото-сульфидные минерализованные зоны с осевыми золото-кварцевыми жилами.

Таким образом, основные элементы разработанной геолого-поисковой модели рудопроявления Кызык-Чадр отвечают типовой модели медно-порфировых месторождений. Ряд особенностей рудопроявления – лентовидная в плане форма минерализованной зоны, редуцированное распространение калиевой зоны с практически полным отсутствием реликтов вторичного биотита и резкое преобладание филлизитовых изменений – могут быть обусловлены формированием оруденения в пределах долгоживущей разломной зоны и преимущественно кислым составом вмещающих интрузивных пород.

Зайцева М.Н., Инякин А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И
ОСНОВЫ ИХ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ

В пределах Енисейского Кряжа выделяются месторождения и рудопроявления трех геолого-промышленных типов: свинцово-цинкового стратиформного, колчедансодержащего цинково-свинцового и колчеданно-полиметаллического. Месторождения этих типов относятся к осадочным толщам рифейского возраста, которые по составу подразделяются на карбонатные, кремнисто-карбонатные и терригенные комплексы, с характерными пластообразной и линзовидной формой рудных тел. Для каждого типа выявлены поисковые признаки, основанные на изучении месторождений принятых за эталон.

Основные поисковые признаки месторождений свинцово-цинкового стратиформного типа в карбонатных комплексах.

Данный геолого-промышленный тип рассмотрен на примере наиболее изученного месторождения Морянихинское. В пределах месторождения выделена терригенно-карбонатная (биогенная) рудная формация, представленная преимущественно гравелитами, хемогенными железистыми доломитами и известняками, доломитовыми и известняковыми интракластами и органогенными доломитами. Основным литологическим поисковым признаком является наличие доломитов, органогенных доломитов и седиментационных карбонатных брекчий, которые относятся к мелководным шельфовым фациям или же связаны с рифогенными и биостромными постройками в пределах палеовпадин.

Надрудные отложения представлены аргиллитами, алевролитами и реже известняками. Подрудные – алевролиты, аргиллиты, часто хлоритизированные. Основные рудные минералы сфалерит и галенит.

Основные поисковые признаки месторождений колчедансодержащего цинково-свинцового типа в кремнисто-карбонатных комплексах.

Данный геолого-промышленный тип рассматривается на примере месторождения Горевское. Месторождение локализовано в отложениях позднерифейской углеродисто-терригенно-карбонатной рудоносной формации, представленной сидеритами, силицитами, аргиллитами, мергелями, доломитами, известняками, а так же органогенными и оползневыми брекчиями. Основным литологическим поисковым признаком является наличие глинистых доломитовых известняков и алевроито-глинистых сланцев, сформировавшихся в условиях некомпенсированного или слабокомпенсированного углеродисто-глинисто карбонатного осадконакопления с элементами карбонатного флиша. В палеоструктурном плане рудовмещающие отложения формировались в палеовпадинах.

Надрудные отложения представлены доломитами, глинистыми и кремнистыми известняками, реже известковистыми аргиллитами. Подрудные – известняки и глинистые известняки. Главными рудными минералами являются галенит, пирротин, сфалерит.

Месторождения колчеданно-полиметаллического типа в терригенных комплексах.

Данный геолого-промышленный тип рассматривается на примере *месторождения* Линейное. Месторождение приурочено к углеродисто-терригенно-карбонатной рудоносной формации. Основным литологическим поисковым признаком является наличие углеродистых карбонатно-алеврито-глинистых сланцев. Рудовмещающие породы представлены углеродистыми и углеродисто-кремнистыми, реже известковистыми аргиллитами, алевролитами, силицитами. Накопление рудоносных отложений происходило в присклоновой части палеоподнятия в обширной синклинной зоне, при условиях замкнутых глубоководных частей бассейна с некомпенсированным осадконакоплением карбонатно-глинисто-сапропелиевого типа.

Надрудные отложения представлены песчаниками, алевропесчаниками, алевролитами. Подрудные- глинистые, глинисто-кремнистые, углеродистые аргиллиты, иногда мергели. Главными рудными минералами являются пирит, сфалерит и галенит.

**Звездов В.С., Чурилова Т.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ И СТРОЕНИЕ
МЕДНОПОРФИРОВЫХ ШТОКВЕРКОВ**

Меднопорфировые месторождения локализованы в эндо-экзоконтактовых зонах гипабиссальных и субвулканических порфировых интрузивов (штоков, даек) или брекчиевых телах завершающих фаз рудоносных известково-щелочных плутоногенных формаций вулканоплутонических поясов (ВПП). Запасы этих объектов сосредоточены в штокверках – системах разноориентированных сульфидно-кварцевых прожилков и жил, сопровождающихся вкрапленностью рудных минералов во вмещающих гидротермально измененных породах. Морфология штокверков и рудных тел, выделяемых по промышленным кондициям в их пределах, а также зон рудовмещающих метасоматитов, в большинстве случаев подчинена форме рудоносных порфировых интрузивов, являющихся апофизами находящихся на глубине крупных интрузивных массивов, и отражает структурно-петрофизические условия внедрения, охлаждения, дефлюидизации и кристаллизации магмы. Эти условия наряду с флюидонасыщенностью и исходной металлоносностью магматических очагов, геохимическими барьерами и другими факторами влияют на масштабы рудогенерирующих гидротермальных систем и, в конечном итоге, на запасы образующихся месторождений.

Петрофизическая гетерогенность субстрата ВПП обуславливает региональную анизотропию полей напряжений в островодужных, окраинно- и внутриконтинентальных обстановках. Она проявляется в стилях и интенсивности складчатых и дизъюнктивных деформаций пород, влияет на гипсометрические уровни подъема расплава, условия его дегазации и кристаллизации. Присутствие в верхах геологических разрезов малопроницаемых (в силу повышенных прочностных либо пластических свойств) толщ наряду с режимом коллизионного сжатия приводит к возникновению магматических и (или) флюидных плюмов с высокой концентрацией металлов, что способствует формированию крупных месторождений. При отсутствии благоприятных локальных геолого-структурных условий восходящий из магматического очага мощный металлоносный флюидный поток, который возникает при релаксации тектонических напряжений и резкой декомпрессии в период орогенного воздымания (с надвиговыми деформациями) и эрозии земной коры, может привести к образованию обширных геохимических ореолов с низкими содержаниями металлов.

Меднопорфировые штокверки контролируются системами (каркасами) трещиноватости, возникающими в эндо-экзоконтактовых зонах остывающих и кристаллизующихся магматических тел в результате гидроразрыва, контракции и обрушения пород надынтрुзивной кровли. По этим системам в тепловом поле интрузивов происходит широкомасштабная циркуляция рудоносных магматогенных флюидов и активизируемых метеорных вод. Морфология формирующихся при их разгрузке штокверков зависит от деформационной природы вмещающих пород. При преобладании хрупко деформирующихся пород с невысокими пределами прочности образуются крупнообъемные ореолы трещиноватости и, соответственно, штокверки значительных размеров и вертикального размаха с отчетливой концентрической зональностью, сравнительно невысокими содержаниями металлов в рудах, широкомасштабными надрудными геохимическими ореолами. При этом основные запасы вкрапленно-прожилковых руд обычно сосредоточены в надынтрुзивных зонах. Геометрически, в первом приближении, такие штокверки и оконтуренные по промышленным кондициям рудные тела могут быть описаны сочетанием разновысоких, вложенных друг в друга, параболоидов вращения, полыми конусами или цилиндрами, крутопадающими пластинами и клиньями. К подобным объектам относятся большинство меднопорфировых месторождений.

Иная ситуация возникает при наличии над рудоносными плутонами малопроницаемых «экранирующих» толщ с повышенными прочностными свойствами (лавовые фации вулканитов, гнейсы, амфиболиты и др.), либо пластично деформирующихся при высоких температурах и давлении (известняки, доломиты). Образующиеся в подобных обстановках меднопорфировые штокверки обычно локализованы в апикальных частях порфировых интрузивов и характеризуются совмещением в пространстве разновременных продуктов рудогенеза. Масштабы формирующихся в таких условиях объектов зависят от размеров, флюидонасыщенности и металлоносности магматических очагов, и, в меньшей степени, от рудоносности интрузивной рамы (переотложения рудного вещества активизированными метеорными водами).

При мощных очагах «экранирующие» вулканогенные толщи подвергаются интенсивному метасоматическому преобразованию. Карбонатные породы частично или полностью ассимилируются расплавом с образованием гибридных гранитоидов. «Останцы» – провисы кровли и ксенолиты известняков и доломитов мраморизованы, скарнированы, на контактах с рудоносными интрузивами обогащены золотом, но в целом безрудны из-за низкой проницаемости. В таких условиях образуются крупные штокверки с уплощенными верхними ограничениями либо пластообразной формы, со сравнительно высокими (для меднопорфирового геолого-промышленного типа) содержаниями металлов. Такими признаками обладает ряд уникальных по

запасам месторождений – Чукикамата и Рио Бланко в Чили, Ок Теди в Папуа-Новая Гвинея, Кальмакыр в Узбекистане, Пеббл в США и др.

При небольших размерах рудоносных интрузивов (и продуцирующих их очагов) в «подэкранной» обстановке формируются «компактные», рядовые по запасам, пласто- и линзовидные меднопорфировые штокверки, локализованные в экзоконтактовых зонах лакколито- или грибообразных интрузивов. Примеры – месторождения Кызата, Сары-Чеку, Нижнекаульдинское в Узбекистане, Кёплер в Турции. Такие объекты обладают «спрессованностью» рудно-метасоматических колонок с элементами «обратной» зональности (по векторам вниз от кровли порфировых штоков), повышенной густотой рудных прожилков и содержаний металлов, угнетенными надрудными геохимическими ореолами, что осложняет их поиски.

Избыточное давление газов, отделяющихся от охлаждающихся магматических тел, под толщами пород с повышенными прочностными свойствами, но склонными к хрупким деформациям, может привести к неоднократному прорыву флюидов и взрывному объемному растрескиванию пород с образованием эруптивных брекчий. В целом, они характерны для многих меднопорфировых месторождений, являясь следствием «вторичного вскипания» (потери летучих) расплава при кристаллизации, однако, в рассматриваемой обстановке названные процессы приобретают катастрофические масштабы. В результате возникают многофазные, сложно построенные брекчиевые трубки значительных размеров, вмещающие основные объемы руд. Брекчиевые тела могут «надстраивать» апикальные части рудоносных порфировых штоков, как на месторождениях Дос Побрес (США) и Эль Теньенте (Чили), либо представлять собой самостоятельные образования – Лос Бронсес, Сур Сур (Чили) и др. Сформированные в таких условиях рудоносные штокверки имеют трубообразную (цилиндрическую), воронкоподобную, либо сложную комбинированную форму, зависящую от морфологии брекчиевых трубок и порфировых интрузивов.

Таким образом, структурно-петрофизические условия рудообразования наряду с флюидонасыщенностью и металлоносностью магматических очагов, геохимическими барьерами и другими факторами влияют на морфологию, строение и запасы меднопорфировых месторождений, что необходимо учитывать при построении прогнозно-поисковых моделей рудных районов и полей и проведении поисковых работ. В частности, одним из критериев перспективности территорий для поисков скрытых, в т.ч. крупных, меднопорфировых месторождений, является наличие «экранирующих» толщ над интрузивами продуктивных формаций (в виде реликтов отмечаются во многих рудных районах чилийских, новогвинейских, индонезийских, азиатских, европейских ВПП). Прямые поисковые признаки месторождений, локализованных под такими толщами, на дневной поверхности могут быть проявлены слабо или вообще отсутствовать. Для обнаружения подобных объектов необходимо применять современные геохимические методы изучения наложенных солевых ореолов, показавшие свою эффективность при поисках скрытых, глубоко залегающих меднопорфировых месторождений, а также технологии объемного геолого-геофизического моделирования с использованием данных сейсмо-, грави- и магниторазведки, позволяющие прогнозировать форму и параметры рудоносных интрузивов и продуцирующих их магматических очагов.

Звездов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ КРУПНЫХ И СВЕРХКРУПНЫХ
МЕДНОПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Промышленное освоение меднопорфировых месторождений требует значительных инвестиций из-за больших запасов руды (сотни млн. – млрд. т) при сравнительно невысоких содержаниях металлов. Поэтому поискам крупных объектов, отработка которых была бы экономически целесообразна, всегда уделялось особое внимание. Однако, в России среди месторождений данного типа, разведанных и поставленных на учет в постсоветский период, лишь Песчанка, Малмыжское и Ак-Сугское могут быть отнесены к классу крупных. Проблема, таким образом, актуальна и в настоящее время. Одним из направлений ее решения является совершенствование геолого-генетических основ прогнозирования, с учетом которых построены прогнозно-поисковые модели рудных районов, полей и месторождений.

Анализ отечественных и зарубежных разработок последних 20 лет, посвященных генезису меднопорфировых месторождений, показал, что для образования крупных и сверхкрупных объектов необходимо сочетание ряда благоприятных факторов: мощные флюидонасыщенные магматические очаги на палеоглубинах от 5 до 15 км, «питающие» гипабиссальные и субвулканические рудоносные порфировые интрузивы (штоки, рои даек, брекчиевые трубки); парные системы глубинных листрических и крутых поперечных трансформных разломов, при коллизионных взбросо-сдвиговых деформациях (в местах перегибов, флексур или пересечения разломов) способствующие возникновению линейных, глубоко проникающих каналов для подъема магмы и флюидов; петрофизическая гетерогенность интрузивной рамы, обуславливающая региональную анизотропию полей напряжений с возникновением «структурных ловушек»; геохимические барьеры, вызывающие разгрузку металлоносных растворов; рудоносность субстрата вулканоплутонических поясов (ВПП) – древние геохимические ореолы и месторождения, подвергающиеся регенерации в тепловом поле интрузивов с переотложением рудного вещества активизированными метеорными водами на верхних уровнях рудогенерирующих систем.

Мощные магматические очаги образуются в обстановках интенсивного коллизионного сжатия при пологой субдукции асейсмичных хребтов, подводных горных цепей и океанических плато под островные дуги и континентальные окраины (кордильерские, андийские, новогвинейские, индонезийские ВПП), либо при внутриконтинентальном орогенезе (Тетис, Монголо-Охотский пояс и др.). Условия регионального сжатия приводят к утолщению земной коры, выплавлению известково-щелочных магм при взаимодействии с астеносферой, насыщению их летучими веществами за счет субдуцирующих океанических плит, мантийного клина и дегидратации металлоносных осадков, а, в итоге, к появлению окисленных расплавов, способных к переносу Cu, Au, SO₂. Давление препятствует подъему магмы в верхние части земной коры, т.е. «подавляет» вулканизм, приводя к возникновению крупных магматических камер (очагов) на небольших глубинах, в которых скапливаются большие объемы отделяющихся от кристаллизующихся расплавов металлоносных флюидов. Кроме того, сжатие ограничивает количество апофиз в кровле магматической колонны, обеспечивая сосредоточение флюидов в апикальной зоне единого крупного плутона, а не в нескольких мелких.

Коллизионное воздымание (с надвиговыми деформациями и разрядкой тектонических напряжений) и эрозия земной коры приводят к «вскрытию» магматических камер, возникновению интрузий-апофиз и интенсивной экстракции флюидов в результате резкой декомпрессии. Мощный флюидный поток в областях разгрузки (эндо-экзоконтактных зонах порфировых

интрузивов) вызывает калиево-кремниевое и последующее кислотное (с участием активизированных метеорных вод) изменение пород и отложение меднопорфировых руд.

Для сегментов ВПП с преобладанием подобных обстановок характерны многократные металлогенические циклы образования порфировых руд. Типичный пример – Чилийские Анды, где имеются пять «металлоносных» ВПП и сосредоточены крупнейшие в мире меднопорфировые объекты – Эль Теньенте, Чукикамата, Коллахуази, Ла Эскондида, Эль Абра, Эль Сальвадор, которые, как правило, приурочены к зонам крупных трансформных разломов, поперечных по отношению к зонам субдукции. Гигантские и супергигантские месторождения сопряжены с многофазными интрузивами, строение которых отражает дискретное поступление расплава из магматических очагов, функционировавших сотни тыс. – первые млн. лет. Для таких объектов характерно наличие нескольких порфировых фаз (штоков, даек, брекчиевых трубок), каждая из которых сопровождается «своей» минерализацией, хотя, отложение основной массы руд обычно сопряжено со становлением интрузивов одной, реже двух из них. Их морфология и определяет форму штокверковых рудных тел. Многостадийность рудоотложения выражается в многочисленных рудообразующих минеральных ассоциациях, что нетипично для рядовых объектов. На месторождении Эль Теньенте, например, выделены 14 генераций прожилков, 11 из которых рудоносны.

Петрофизическая неоднородность субстрата ВПП, проявляющаяся в различных стилях и интенсивности деформаций, приводит к возникновению «структурных ловушек», повышая вероятность формирования крупных объектов. Присутствие малопроницаемых (в силу повышенных прочностных либо пластических свойств) толщ над интрузиями, с одной стороны, способствует возникновению магматических и (или) флюидных плюмов с накоплением металлов, с другой (наряду с режимом коллизионного сжатия), препятствует проникновению низкоконцентрированных флюидов с Au и Ag, отделяющихся от кристаллизующихся расплавов, в верхние зоны систем и отложению эпитермальных золото- и сереброносных руд, чем объясняется безрудность мощных аргиллизитовых «шляп» ряда крупных и сверхкрупных меднопорфировых месторождений. «Экранирующее» влияние подобных толщ проявляется в уплощенной форме верхних ограничений меднопорфировых штокверков, совмещении в пространстве ареалов разновозрастных минеральных ассоциаций, повышенной густоте рудных прожилков и, соответственно, в сравнительно высоких содержаниях металлов в рудах. Такими признаками обладают уникальные по запасам месторождения Чукикамата и Рио Бланко в Чили, Ок Теди в Папуа-Новая Гвинея, Кальмакыр в Узбекистане и др.

Если перекрывающая толща сложена породами с повышенными прочностными свойствами, но склонными к хрупким деформациям, избыточное давление газов, отделяющихся от охлаждающихся магматических тел, может привести к их объемному взрывному растрескиванию с образованием брекчиевых трубок, вмещающих основные объемы руд. На крупных объектах обычно отмечается несколько фаз брекчирования (на чилийских месторождениях Эль Теньенте и Лос Бронсес, например, по составу цемента выделены соответственно 5 и 7 типов брекчий), но главной рудоносной (как и для порфировых фаз), как правило, являются одна–две. Сформированные в таких условиях рудоносные штокверки имеют трубообразную (цилиндрическую), воронкоподобную, либо сложную комбинированную форму, зависящую от морфологии брекчиевых трубок и залегающих ниже порфировых интрузивов.

Для поисков крупных и сверхкрупных меднопорфировых месторождений наиболее перспективны сегменты ВПП с обстановками коллизионного сжатия, приводящими к возникновению крупнообъемных флюидонасыщенных магматических очагов на малых глубинах, пересечения глубинных трансформных разломов с листрическими (магмовыводящие каналы), наличие

толщ в верхах геологических разрезов, игравших роль структурно-петрофизических экранов и (или) геохимических барьеров. Отличительные признаки таких объектов: несколько порфировых фаз, значительные размеры: рудоносных интрузивов, либо брекчиевых тел ($> 1 \text{ км}^2$); первичных и вторичных геохимических ореолов Cu, Pb, Zn и пиритовых ореолов ($n - n \cdot 10 \text{ км}^2$); электроразведочных и магнитометрических аномалий ($n \cdot 10 \text{ км}^2$); зон рудовмещающих метасоматитов ($n \cdot \text{км}^2$); большой вертикальный размах оруденения; многостадийность рудотложения. Для прогноза и поисков подобных объектов наряду с традиционными методами ГРП целесообразно использовать технологии объемного геолого-геофизического моделирования по данным глубинного сейсмического зондирования, грави- и магниторазведки, а также современные геохимические методы изучения наложенных солевых ореолов, такие как EnzymeLeachSM, BioLeach (Канада), успешно применяющиеся для обнаружения скрытых меднопорфировых месторождений на глубинах до 800 м.

Инякин А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, САЛАИРСКИЙ КРЯЖ

Салаирский рудный район является одним из старейших российских регионов добычи цветных и благородных металлов. Здесь известны многочисленные колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопроявления по комплексу характеристик относящиеся к колчеданным месторождениям в вулканогенных ассоциациях (VHMS).

Салаирский рудный район, представляющий собой крупную вулканотектоническую структуру, был сформирован в два этапа, соответствующих двум циклам вулканической активности в районе, при этом Салаирско-Каменушинская структура (рудное поле) сформировалась на позднем этапе нижнекембрийской вулканической активности, который являлся более продуктивным с точки зрения полиметаллического рудотложения.

Салаирско-Каменушинское рудное поле сложено вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями контрастной базальт-риолитовой формации натровой серии, с высоким содержанием железа. Положение данной структуры определено локальными палеовпадинами, выполненными вулканогенно-осадочными отложениями мощностью 500–700 м (с увеличением мощности в центральном сечении) и отвечающими месторождениям Салаирское и Каменушинское, которые приурочены к склоновой части одной рифогенной постройки состоящей из остатков археоциат и сопутствующих им организмов. А принятые считать отдельными месторождениями Кварцитовая сопка, Первомайское, I-Рудник, II-Рудник, III-Рудник, Александровское, Спорное, Слепое являются рудными зонами единого месторождения Салаирского.

Литолого-фациальное расчленение пород с точки зрения удаленности от центра вулканизма, позволяет показать связь морфологических типов руд с определенными фациями пород. Штокверковые рудные тела, отвечают подводящим каналам и приурочены к породам кислого состава жерловых фаций, а линзообразные и пластовые тела, которые расположены либо проксимально над подводящей зоной, либо дистально на некотором удалении от неё, приурочены к вулканогенно-осадочным горизонтам промежуточных фаций и туфогенно-осадочным породам удаленных от центров вулканизма фаций.

В пределах Салаирско-Каменушинского рудного поля широко развиты околорудные изменённые породы, которые формируются в процессе кислотного выщелачивания и отвечают кварц-серицитовой формации. По характеру ведущих процессов различаются метасоматиты гипогенного выщелачивания, осаждения и малоинтенсивного гидролитического разложения.

Продукты гипогенного выщелачивания приурочены к подводящему каналу, где концентрируются обычно кварциты и кварц-серицитовые метасоматиты, а за его пределами кварц-серицит-хлоритовые. Процесс гипогенного выщелачивания сопровождается процессом выноса и переотложения основных компонентов из вмещающих пород, в результате чего формируются метасоматиты осаднения: хлоритовые, серицитовые, хлорит карбонатные. Ореолы продуктов малоинтенсивного гидролитического разложения распространены от рудных зон на 300–500 м до нескольких километров и они фиксируют не только месторождения, но и рудные поля. В зависимости от состава вмещающих пород преимущественное развитие приобретают ассоциации кварца, серицита, хлорита, альбита (по вулканитам кислого состава и осадочным породам) либо серицита, хлорита, карбоната, альбита (по вулканогенным породам среднего и основного состава). Такие новообразования образуют пятнисто-вкрапленные скопления, составляющие не более 20–25% от объема пород.

Изучение минерального состава и текстурно-структурных особенностей руд позволило привести к выводам о двух этапном процессе рудообразования. На первом этапе сформированы основные рудные залежи гидротермально-осадочным и (или) путем придонного метасоматического замещения слабо литифицированного осадка, а на втором – метаморфогенном этапе рудные залежи претерпели интенсивный дислокационный и контактовый метаморфизм.

Создана прогнозно-поисковая модель, элементы которой отражают основные поисковые критерии и признаки обнаружения колчеданно-полиметаллических руд, применительно к Салаирской минерагенической зоне, с помощью которых дан прогноз обнаружения новых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах известных месторождений, а также новых месторождений путем выявления сходных характеристик и обстановок рудообразования в пределах Салаирской минерагенической зоны.

Истомин В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЛИТИЙ – ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛ XXI ВЕКА

В рамках многолетней специфики ФГБУ «ЦНИГРИ» всегда изучались и учитывались цветные и благородные металлы, а также алмазы. Специфика конъюнктурных МСБ разных стран и новейшие методы переработки минерального сырья, в последние десятилетия, приводят наши и интересы инвесторов к более расширенному списку цветных металлов. Если ранее традиционно учитывались цветные металлы только тяжелой группы, то на наш взгляд необходимо обращать внимание на цветные металлы легких, малых и редких групп.

Перспектива развития в ближайшие десятилетия автомобильного транспорта на экологически чистых электроэнергетических двигателях привлекают все больше внимание мировых компаний, производящих автомобили. В ближайшие десять лет выйти на рынок электромобилей или запустить производство новых моделей планируют почти все крупные компании: Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Nissan, Renault, Toyota, Kia, Honda, BMW. Даже АвтоВАЗ анонсировал появление электромобиля EL LADA. Главной силой, приводящей в движение электромобиль, является электродвигатель, который получает необходимую энергию от аккумулятора. Именно аккумуляторная батарея считается сердцем и, на данный момент, самым проблемным звеном в электромобиле.

Использование литий-ионных аккумуляторов в качестве тяговых батарей является перспективным направлением для электротранспорта. Технология производства этих аккумуляторов совершенствуется из года в год: улучшаются характеристики, уменьшается стоимость кВт·час. Вполне вероятно, что литий-ионные аккумуляторы станут единственным источником питания электромобилей в недалеком будущем.

Анализ деятельности основных горнорудных компаний мира по данным S&P Global Market Intelligence за 2018 г. показал, что многие предприятия (более 30) уделяют большое внимание добыче и переработке литиевых минералов в различных странах: Австралия, ДРК, Аргентина, Зимбабве, Чили, Перу, США, Китай, Мозамбик, Мали, Намибия, Испания, Португалия и Сербия. Основными покупателями сырья являются Китай, Япония, США и ЕЭС.

В связи с ростом производства электромобилей общий объем финансирования литиевой промышленности в следующем десятилетии составит от \$10 до \$12 млрд. Потребности в этом металле в следующем десятилетии соответствуют росту потребности сырья до 600–800 тыс. тонн в пересчете на эквивалент карбоната лития

Не все литиевосодержащие вещества эквивалентны и не весь литий добывается одним и тем же путем. Имеется два значимых ресурса лития: литиевые рассолы и литий-цезиевые танталовые пегматиты.

Месторождения твердых литиевых пород удовлетворяют требованиям, поскольку они равномерно распределены географически по всему миру, и их переработка в меньшей степени зависит от изменений климата.

Минерализация лития, бериллия и цезиевых минералов в Намибии наблюдаются, в проявлениях пегматитовых тел района Карибиб – Усакос и Карасбурге. Минералы лития обнаруживаются, главным образом, в петалитах, амблиогонит-монтебразитах, сподуменах и лепидолитах. Основное количество лития добывается из зонированных редкометалльных пегматитов в районах Карибиб-Усакосе, где ранее были обнаружены месторождения Геликон и Рубикон, на которых добычные работы проводит канадская компания Desert Lion Energy. Много пегматитов этого района разрабатывались десятилетиями ранее небольшими компаниями для извлечения берилла, турмалина и других цветных камней, в районе этих старых разработок сохранились отвалы пегматитовых пород.

Эти отвалы не представляют интереса для многочисленных частных владельцев в Намибии, но при организации переработки литиевого сырья по примеру компании Desert Lion Energy они могут представить промышленный интерес для производителей аккумуляторных батарей.

Корчагина Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Минерально-сырьевая база Забайкальского края специализирована на золото-серебро-полиметаллическое оруденение. Запасы категорий ABC_1C_2 составляют: свинец – 1807,6 тыс. т (разрабатываются – 453,2 тыс. т), цинк – 1669,4 тыс. т (разрабатываются – 377,4 тыс. т) и в основном сосредоточены в месторождениях Нойон-Тологой и Ново-Широкинском.

Среди месторождений выделяются 16 собственных свинцово-цинковых, одно колчеданно-полиметаллическое, одно полиметаллическое, одно молибденовое, одно золото-сульфидное, из которых в двух последних в качестве попутного компонента учтены запасы свинца. Собственные месторождения представлены тремя типами: колчеданно-полиметаллическим (Ново-Широкинское), полиметаллическим (Шивиинское) и 16-ю собственно свинцово-цинковыми.

В распределенном фонде находятся 5 месторождений: разрабатываемые колчеданно-полиметаллическое Ново-Широкинское и свинцово-цинковое Нойон-Тологой, подготавливаемое к освоению молибденовое Бугдаинское и 2 разведываемых – золото-сульфидное Козловское и

полиметаллическое Шивиинское. Не передано в освоение 15 свинцово-цинковых месторождений с суммарными балансовыми запасами свинца – 431,2 тыс. т и цинка – 461 тыс. т.

Добыча свинца за 2017 г. составила 31,4 тыс. т, цинка – 28,5 тыс. т. Ново-Широкинское полиметаллическое месторождение разрабатывается АО «Ново-Широкинский рудник» с добычей свинца – 15,3 тыс. т, цинка – 5,9 тыс. т; обеспеченность запасами кат. АВС₁ 8 лет. Свинцово-цинковое месторождение Нойон-Тологой отрабатывается ООО «Байкалруд» с добычей свинца – 16,1 тыс. т, цинка – 22,6 тыс. т; обеспеченность запасами кат. АВС₁ 7 лет (Юго-Восточный и Юго-Западный участки). Резервом, для месторождения Нойон-Тологой, могут являться запасы участка Центрального: кат. АВС₁С₂ цинк – 445,3 тыс. т, свинец – 403 тыс. т, которые могли бы увеличить обеспеченность (по руде при проектной мощности) до 40 лет. По данным протокола № 5291 ГКЗ от 04.02.2018 г. получен значительный прирост на месторождении Нойон-Тологой. В результате доразведки полиметаллического месторождения Нойон-Тологой балансовые запасы руды, в сравнении с числящимися на государственном балансе, увеличились более чем на 45%, что обусловлено уточнением границ Центрального, Восточного и Северо-Восточного участков. Прирост балансовых запасов основных компонентов по сумме категорий АВС₁С₂ в количестве: руда +29 725,8 тыс. т (+49%), свинец +470,2 тыс. т (+77%), цинк +509,6 тыс. т (+71%), серебро +1528,9 т (+48%); по попутным компонентам: золото +5337 кг (+113%), кадмий +4024,5 т (+68%), сурьма +18 708,8 т (+42%). Предприятие обеспечено запасами руды на 37 лет при заданной производственной мощности 3 млн т руды.

Уровень прироста запасов свинца и цинка с попутным золотом и серебром не восполняются. Компенсировать объемы ежегодной добычи цветных металлов удается лишь на 10–40%. Обеспеченность действующих добычных предприятий прогнозными ресурсами полиметаллических руд является недостаточной.

Для решения проблем по воспроизводству и наращиванию МСБ свинца и цинка необходимо проведение поисковых и прогнозно-минерагенических работ с целью выявления новых и переоценки известных перспективных площадей, что позволит расширить ресурсную базу месторождений.

Прогнозно-металлогенические работы ЦНИГРИ последних лет позволили обосновать перспективы выявления новых крупных полиметаллических объектов с существенным содержанием серебра и золота в пределах средне-позднеюрских вулканогенно-осадочных и венд-кембрийских терригенно-карбонатных отложений. Наиболее перспективные площади – Маньковская, Мулинская, Клинская, Козулихинская, Ивановская и Михайловская.

**Кудрявцева Н.Г., Кузнецов В.В., Серавина Т.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
РУДНОГО АЛТАЯ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ**

Рудноалтайская структурно-формационная зона (СФЗ) входит в состав Зайсанской герцинской складчатой области (или структуру Большого Алтая), которая по особенностям тектонического строения, истории развития и металлогении подразделяется на две системы: западную (Иртыш-Зайсанскую) и восточную (Юго-Западного Алтая).

Восточная краевая система включает: Рудноалтайскую, Белоубинско-Маймырскую, Холзунско-Сарымсактинскую (на востоке) и Иртышскую (на западе) СФЗ. Последняя сложена карбонатно-терригенными отложениями силура-позднего девона и более древними метаморфическими породами. Система Юго-Западного Алтая развилась на окраине Алтае-Саянского

палеоконтинента, структурно-формационные комплексы которого проявлены шельфовыми формациями венд–раннепалеозойского–силурийского возраста, пронизанными позднекаледонскими гранитоидами, т.е. эта территория уже в начале девона имела кору континентального типа. Особенности развития структур и строение латерально-вертикальных рядов геологических формаций позволили выделить три основных этапа формирования ее развития. Первый этап охватывает промежуток времени от раннего девона до франского века и обусловлен процессами континентального рифтогенеза, второй – от фаменского века до раннего карбона (серпуховский ярус) и соответствует обстановкам, сопоставимым с островодужными, третий – коллизионный (от среднего карбона до перми).

Рифтогенный этап (D_1 – D_3f) начинается с формирования Холзунско-Сарымсактинского (эмс) рифтогенного прогиба, завершающего свое развитие в раннем живете. Выполнен он красноцветными и пестроцветными карбонатно-терригенными отложениями, которые выше по разрезу сменяются морскими вулканогенно-осадочными отложениями известково-кремнисто-терригенной риолит-трахидацит-трахириолитовой формации со свинцово-цинковыми и железо-марганцевыми месторождениями.

Западнее располагается Рудноалтайская СФЗ, которая подразделяется на Синюшинскую (Лениногорско-Зыряновскую), Змеиногорско-Быструшинскую и Алейско-Прииртышскую подзоны, соответствующие одноименным рифтогенным прогибам. Сложены они вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами кислого, среднего и основного составов. Широко развиты экструзивные и субвулканические тела риолитов, лавы, потоки риолитов, пирокластические разности пород (туфы, туффиты, тефроиды). Осадочные породы представлены известковистыми, кремнистыми алевролитами, реже известняками, песчаниками. Вулканогенно-осадочные породы по составу, возрасту и соотношению вулканогенной и осадочной составляющих разделяется на две формации. Первая (эмс–эйфель–ранний живет) – базальтсодержащая андезит-дацит-риолитовая кремнисто-карбонатно-терригенная калиевая, распространена в Зыряновском, Лениногорском (Синюшинская подзона), Змеиногорском (Быструшинская подзона), Золотушинском (Алейская подзона). С ней ассоциируют свинцово-цинковые колчеданные и барит-полиметаллические (с золотом) месторождения. Вторая (поздний живет–фран) – базальт-риолитовая кремнисто-терригенная калиево-натриевая (Змеиногорский, Золотушинский, Верхубинский, Березовско-Белоусовский рудные районы) и натриевая (Прииртышский и Амелихинский районы) формации. С калиево-натриевой связаны медно-свинцово-цинковые колчеданные месторождения, а с натриевой – медно-цинковые колчеданные.

Островодужный этап (D_3fm – C_1). Становление структур фамен-раннекаменно-угольного этапа отвечает модели формирования активных окраин с островодужным режимом развития. В течение позднего девона (D_3fm) ареал проявления вулканизма в северо-западной части Рудноалтайской зоны заметно расширился. Развитие его происходит в антидромной последовательности (от андезидацитовой к андезибазальтовой формации). Цепи вулканических островов разделяли депрессии с отложениями терригенно-карбонатных и флишеидных формаций.

От Иртышской зоны на восток к континенту (Горный Алтай) устанавливается следующий латеральный ряд структур: 1) невулканическая дуга (Иртышская СФЗ), сложенная регионально метаморфизированными породами терригенно-карбонатной формации; 2) междуговой бассейн, выполненный породами карбонатной формации; 3) ранняя вулканическая дуга, отвечающая площади развития андезит-дацитовой формации; 4) междуговой бассейн, сложенный породами терригенно-карбонатной формации; 5) поздняя вулканическая дуга, соответствующая площади развития андезит-базальтовой формации; 6) задуговой бассейн, выполненный

породами флишеидной формации (Белоубинско-Маймырская СФЗ). С андезидацитов и базальт-андезитовой формациями островодужного этапа ассоциируют месторождения золото-серебро-полиметаллической рудной формации.

Коллизионный этап (C_2 –P). В этот этап сформированы две формации: в раннюю стадию (C_2 – C_3) – габбро-гранодиорит-гранитная, а в позднюю (C_3 –P) – гранит-лейкогранитовая. К габбро-гранодиорит-гранитной формации относятся массивы, состоящие из пестрых по составу пород от габбро до гранитов с широким развитием гибридных пород (гранодиоритов, диоритов, монцодиоритов, сиенитов). С гранодиоритами данной формации связаны месторождения золото-порфировой, свинцово-цинковой скарновой и жильной формаций. С пермскими гранитоидами гранит-лейкогранитовой формации ассоциируют редкометалльные месторождения с тантал-ниобиевым оруденением.

Трем этапам геодинамического развития Юго-Западного Алтая соответствуют рудные формации, которые образуют два латеральных ряда, отражающих пространственно-временные закономерности распределения в рифтогенный, островодужный и коллизионный этапы.

В рифтогенный этап (эмс–фран) латеральный ряд рудных месторождений начинают гематит-магнетитовые, железо-марганцевые, железо-марганцево-барит-свинцово-цинковые продолжают свинцово-цинковые колчеданная и медно-свинцово-цинковая колчеданные и завершают медно-цинковые колчеданные. Данный ряд месторождений и вмещающие их вулканогенно-осадочные породы последовательно омолаживаются от восточного прогиба ($D_{1-2}ef$) к западному (D_3f_1). В этом же направлении субщелочные вулканы калиевого профиля сменяются нормальными калиево-натриевыми и натриевыми повышенной щелочности.

По вертикали ряд рудных месторождений рифтогенного этапа надстраивается рудопроявлениями островодужного. Для этого этапа характерен латеральный ряд месторождений, которые развиваются (в отличие от предыдущего этапа) с запада (от Иртышской зоны) на восток. Начинается этот ряд с медно-цинково-колчеданных месторождений внешней невулканической дуги, далее продолжается золото-серебро-полиметаллическими в связи с островными андезидацитов и андезибазальтовой формациями и золото-кварцевыми месторождениями в связи с формациями задугового бассейна.

Рудные формации рифтогенного и островодужного этапов по вертикали сменяются рудными формациями коллизионного тектоно-магматического цикла (C_2 –P), связанными с плутоногенными формациями гранитоидов: золото-порфировой, золото-кварцевой, свинцово-цинково-жильной, свинцово-цинковой скарновой, железо-скарновой, золото-скарновой и редкометалльной.

Кузнецов В.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПРОГНОЗ И ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА В
ВУЛКАНОГЕННЫХ АССОЦИАЦИЯХ (VMS)

Месторождения VMS также известные как массивные сульфидные руды в ассоциации с вулканогенными породами, являются важными источниками меди, цинка, свинца, золота, и серебра. Месторождения данного типа образованы в широком временном диапазоне и охватывает пространственные ассоциации сульфидной минерализации, связанные с подводными вулканическими процессами. Колчеданные месторождения в вулканогенных ассоциациях – стратиформные концентрации сульфидных минералов, отложившихся (осажденных) из гидротермальных флюидов в условиях глубоководной среды. Термин «вулканогенный»

подразумевает генетическую связь между минерализацией и вулканической активностью, но в некоторых случаях в стратиграфических комплексах (формациях) доминируют (преобладают) кремнисто-обломочные породы.

Анализ имеющегося обширного фактического материала по закономерностям размещения месторождений свинца и цинка в вулканогенных толщах РФ позволяет выделить в этой группе три рудноформационных типа: Рудноалтайский, куда относятся собственно месторождения Рудного Алтая, а также месторождения Салаирской, Удино-Витимской и Улугойской МЗ; Малокавказский или тип Куроко, не имеющий распространения на территории РФ; Нойон-Тологойский, куда входят жильные и штокверковые месторождения Дальнегорского рудного района и Приаргунской минерагенической зоны. Последний тип сопоставим с выделявшимся ранее многими исследователями Садонским типом.

Рудноалтайский тип. Месторождения образованы на рифтогенном этапе развития земной коры и связаны с контрастной или последовательно дифференцированной базальт-риолитовой формацией кали-натровой или натровой серии. Рудоносные вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы Рудного Алтая по составу, возрасту и соотношению вулканогенной и осадочной составляющих разделяются на две формации, соответствующие двум циклам вулканизма: нижнюю (эмс-эйфель-ранний живет) – последовательно дифференцированную базальтсодержащую андезит-дацит-риолитовую известково-кремнисто-терригенную калиевую и верхнюю (поздний живет-ранний фран) – контрастную базальт-риолитовую кремнисто-терригенную калиево-натриевую. Рудоносные вулканогенные отложения нижнего кембрия Салаира относятся к двум геологическим формациям натриевого ряда толеитовой серии – нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой и верхней – контрастной базальт-риолитовой. Отложения данных формаций соответствуют двум циклам вулканической активности в районе. Улугойская минерагеническая зона представляет собой линейные горстовые выступы нижнекембрийских вулканогенно-осадочных пород, вытянутых в субширотном направлении. Нижняя часть разреза нижнего кембрия, вмещающая месторождения и рудопоявления района, сложена вулканитами контрастной риолит-базальтовой формации (туматтайгинская свита), верхняя часть – туфогенно-осадочными породами с подчиненной ролью эффузивов (сыынакская (тапсинская свита)). Разрез отложений весьма изменчив по латерали и мощности, характеризуется сложным набором фаций.

Продуктивным в пределах Удино-Витимской минерагенической зоны на колчеданно-полиметаллическое оруденение в вулканогенных ассоциациях является Еравнинский рудный район в пределах которого расположено крупное Озерное месторождение. Границы рудного района определяются полями распространения нижнекембрийской базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, приуроченной к останцу кровли нижнекембрийских образований в раннепалеозойских гранитоидах витимканского комплекса.

Нойон-Тологойский тип. Колчеданно-полиметаллические месторождения и проявления Приаргунской минерагенической зоны связаны с средне-верхнеюрскими терригенно-вулканогенными отложениями, которые объединяются в вулканогенно-кремнисто-терригенную формацию. На основе сопоставления обобщенных колонок рудных районов рассматриваемая формация подразделяется на три субформации (снизу-вверх): базальт-(андезит)-дацитовую углерод-кремнисто-терригенную, базальт-андезит-дацитовую и вулканогенно-терригенную. Для всех субформаций характерна фациальная изменчивость, заключающаяся в смене вулканогенных отложений терригенными, часто на коротких расстояниях. Месторождения данного типа характеризуются золото-серебро-полиметаллическими или колчеданно-полиметаллическими рудными телами, которые представлены стратифицированными и штокверковыми

жильными зонами и локализованы в вулcano-тектонических депрессионных структурах с пологими бортами мульдообразной формы. Рудные тела контролируются синвулканическими нарушениями и с ними связанными зонами трещиноватости.

Серебро-свинцово-цинково-колчеданные месторождения Кемско-Таухинской минерагенической зоны характеризуются рудными телами жильного и штокверкового типов, сформированных в заключительную стадию мелового вулканизма. Промышленное полиметаллическое оруденение представлено жильным типом, рудные тела которого локализованы за пределами жерла палеовулкана в двух системах разрывных нарушений, принадлежащих СЗ и широтному глубинным разломам, которые являются основными рудовмещающими структурами. Помимо этих разрывных нарушений присутствуют межпластовые и внутрипластовые, которые могут контролировать пологое, стратифицированное оруденение. Измененные породы жерла (зона подводящего канала) вмещают непромышленное полиметаллическое и оловянное оруденение и единичные жилоподобные зоны серебряной минерализации (Литвинов и др, 1982; Кузнецов и др., 1985).

Прогноз и поиски месторождений в вулcanoгенной ассоциации, выделение разноранговых площадей для постановки прогнозно-минерагенических и поисковых работ основано на послойном анализе разномаштабных карт, которые могут совмещаться друг с другом в различных сочетаниях и в любой последовательности. Целям прогнозно-металлогенических построений отвечает ограниченное число такого рода сочетаний. Они выбираются по принципу наблюдаемых геологических и металлогенических характеристик, включающих оценку их возможного отражения в различных «слоях», представленных на принципиальной схеме сочетаний и последовательности совмещения информационных слоев. Путем математического анализа выявляются закономерные пространственные соотношения элементов объектной модели и выделяются области их благоприятного сочетания и на этой основе – новые площади, перспективные для обнаружения месторождений того или иного рудно-формационного типа.

**Кузнецова С.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ТРУБЫ ПАЛЕОЗОЙСКИХ «КУРИЛЬЩИКОВ»
В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПОСТРОЙКАХ НА ЗАПАДНОМ ФЛАНГЕ
ЗАХАРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)**

Реликты палеотруб «курильщиков», свидетельствующие о существовании придонных гидротермальных сульфидных построек, обнаружены в рудах Захаровского месторождения (русская часть Рудного Алтая).

Концентрически-зональные образования, которые по составу и текстуре могут быть идентифицированы как трубы «палеокурильщиков», выявлены в керне скважины, пройденной на западном фланге месторождения в вулcanoгенных отложениях девонского возраста. Рудные тела, вскрытые на западном фланге месторождения представлены согласными пластообразными и линзовидными телами колчеданно-полиметаллических руд. Находки данных образований приурочены к участку раздува мощностей рудных тел в пределах распространения пород жерловых и околожерловых фаций.

В строении современных и древних труб «курильщиков» выделяются: осевой канал, стенка, как правило зональная и оболочка. Данные характерные части хорошо прослеживаются в наиболее сохранившихся разностях найденных нами образований, где можно выделить: главный канал (диаметром 2,5–3,5 см), частично заполненный минеральным веществом, зонально построенная стенка толщиной около 5 мм, и, оболочку. Стенка в некоторых участках осложнена

раздувами до 1,5 см за счет развития дополнительных тонких каналов.

Главный (осевой) канал трубки полый, ближе к стенкам заполнен пористым сульфидным материалом в сростании с баритом. Под микроскопом пористые сульфиды представлены скоплениями почковидного, колломорфного, иногда глобулярного пирита, тонкозернистых галенит-пиритовых масс, почковидного сфалерита, вместе образующих пористый агрегат, в пустотах которого развиваются хорошо выраженные кристаллики барита. Стенку трубки по составу можно разделить на внутреннюю, и внешнюю части. Внутренняя часть стенки трубки сложена сливными почковидными пиритовыми массами обычно с подчиненным количеством сфалерита и галенита, участками, переходящими в дендритовидные зональные галенит-пиритовые выделения в ассоциации с тонкозернистым баритом и сфалеритом. Внешняя часть стенки сложена преимущественно халькопиритом. Ширина халькопиритовой зоны колеблется от нескольких миллиметров до 1,5 см., в участках раздувов представляя собой массивные сульфиды, где в массе халькопирита расположены крупные выделения сфалерита и галенита, редкие зерна пирита. Кроме того, к раздувам приурочены редкие выделения блеклой руды. Оболочка трубки значительно разрушена, замещена серицит-хлоритовой массой и представлена лишь эпизодически. В структуре оболочки выделяются лентовидные обособления, в составе которых присутствуют кварц, карбонаты, в некоторых случаях наблюдаются сульфидные минералы. Между «лент» в хлоритизированной массе встречены частично замещенные скопления фрамбоидов пирита в ассоциации с марказитом, халькопиритом и галенитом.

Таким образом, в рудах, вскрытых на западных флангах Захаровского колчеданно-полиметаллического месторождения Рудного Алтая, присутствуют образования, которые по составу и морфологии могут быть идентифицированы как фрагменты палеогидротермальных труб — т.н. «курильщиков». Наличие палеогидротермальных труб на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая подтверждает предположения вулканогенно-осадочной природе оруденения

Лаломов А.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ
БЛИЖНЕГО СНОСА И СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПРОГНОЗА РОССЫПНОГО ПОТЕНЦИАЛА

В перечень основных видов стратегического минерального сырья входят золото, платина, олово, вольфрам, титан, цирконий, ниобий, тантал, скандий, редкие земли иттриевой группы. В балансе запасов этих месторождений россыпи составляют существенную (а иногда и преобладающую) часть. Повышенная рентабельность и технологическая доступность россыпей делает их первоочередными объектами при освоении новых или реанимации старых рудно-россыпных площадей.

Легкодоступные мелкозалегающие россыпные объекты к настоящему времени уже выявлены и в значительной мере отработаны, поэтому наиболее перспективными являются сложные с позиции поисков и разведки глубокозалегающие россыпи, не проявленные в поверхностных шлихо-геохимических ореолах. Их прогнозирование возможно только на основе комплексного анализа всей совокупности россыпеобразующих факторов, объединенных в геолого-генетических моделях месторождений. Для создания таких моделей необходимо детально проанализировать данные по эволюции россыпеобразующих формаций в различных литогенетических, вещественных, геолого-структурных и литодинамических системах, конкретизировать, формализовать и ранжировать факторы россыпеобразования. На основе формализованных

(количественно оцененных) факторов методами численного компьютерного моделирования и ГИС-технологий создается система пространственно привязанных мультипликативных показателей, оценивающих потенциал россыпной металлоносности. Полученные результаты используются для создания методики прогнозной оценки россыпной металлоносности на закрытых и малоисследованных территориях.

Для решения поставленной задачи на основе эталонных объектов для каждого вещественно-генетического и динамического типа россыпей необходимо выделение и формализация (количественная оценка) основных факторов. Это, в первую очередь, геологическое строение и металлогения потенциальных россыпных площадей (наличие пород-источников россыпеобразующих компонентов и принадлежность соответствующему металлогеническому кластеру), тип коренного источника, степень высвобождения полезного компонента из вмещающей породы, крупность полезного компонента, благоприятные тектонический режим, величина эрозионного среза, соотношение коренного источника и зоны россыпеобразования, геоморфологическая и литодинамическая обстановки, наличие шлиховых и геохимических ореолов и т.д.

Выделенные факторы ранжируются по степени значимости и стадийности их воздействия на россыпеобразующую систему, на основании чего строятся понятийные (качественные) модели образования основных типов россыпных месторождений стратегических металлов.

Формализация (количественная оценка) этих факторов и создание пространственно привязанных мультипликативных показателей, характеризующих перспективы россыпной металлоносности территорий, используются для создания на основе компьютерного моделирования и ГИС-технологий численных моделей россыпей различных типов. Прикладное значение таких моделей состоит в создании методики прогнозной оценки россыпной металлоносности на закрытых и малоисследованных территориях.

В настоящее время подобная прогнозная система для редкометалльных россыпей ближнего сноса разрабатывается на эталонных объектах северного фланга Ловозерского массива.

Работа осуществлена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00113.

**Лобанов К.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»), Жиров Д.В. (ГИ КНЦ РАН),
Чичеров М.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
РУДОНОСНЫЕ СТРУКТУРЫ ПЕЧЕНГСКОГО РУДНОГО РАЙОНА**

В границах Печенгского рудного района выделяются следующие месторождения: медно-никелевые раннепротерозойские – Печенгского и Аллареченского рудных полей, архейские железистых кварцитов Судварангера, раннепротерозойские МПГ минерализации в ультраосновных интрузиях (Гора Генеральская, Карикъявр), разнотипные и разновозрастные (протерозойские и фанерозойские) месторождения радиоактивных руд (Лицевское и др.), свинцово-цинковой минерализации палеозойского возраста, проявления Au-Ag оруденения на глубоких горизонтах СГ-3 и на поверхности в Южно-Печенгской структурной зоне (Пороярви, Брагинское и др.).

Первые из рудных месторождений района, которые были найдены и разрабатывались это низкотемпературные свинцово-цинковые жилы, залегающие в архейских гнейсах и кристаллических сланцах, приуроченные к Воронья–Колмозерской системе разломов. Эта гидротермальная полиметаллическая минерализация в пространстве и во времени ассоциируется с проявлениями мощного рифтогенеза, который предвлял и сопровождал формирование шельфовой плиты Баренцева моря, когда Печенгский рудный район находился в режиме пассивной континентальной окраины.

Никеленосный и платиноносный массив горы Генеральской сложен габброноритами при резко подчиненной роли оливин-плагиоклазовых кумулятов и в составе его платиноидной малосульфидной минерализации широко развиты сульфоарсениды. Весьма совершенное фракционирование платиновых металлов и обогащение руд тяжелыми и редкими ЭПГ указывают на существование спредингового центра, располагавшегося, вероятно, над горячей точкой или мантийным плюмом.

Сульфидные медно-никелевые месторождения Печенгского рудного поля являются вторым после Норильского района источником никеля в нашей стране и основой самого крупного из ныне действующих горнодобывающих предприятий Европы. Они входят в первую пятерку сульфидных медно-никелевых месторождений мира и являются объектом геологоразведочных и научно-исследовательских работ. Главные металлы – медь, никель и кобальт. Важную роль в структуре рудного поля занимают межпластовые тектонические зоны расщепления, которые обусловили формирование чешуйчато-блоковых структур Восточного рудного узла и привели к многоярусности в расположении рудных тел. Большинство никеленосных интрузий приурочено к ждановской свите, выделяемой в «продуктивную толщу». Часть секущих вулканыты заполярнинской свиты тел габбро-верлитового комплекса также являются никеленосными, однако, промышленная значимость незначительная.

Процессы уранового рудообразования не рассматривались в аспекте металлогении Печенгского района. Длительное и многоэтапное воздействие метаморфических и магматических процессов на архейский фундамент Печенгского района сопровождалось неоднократным перераспределением урана и последовательной его концентрацией. Урановая минерализация большей частью располагается в восточной части района и подразделяется на 5 минеральных типов.

Золоторудная минерализация приурочена к Южно-Печенгской структурной зоне и включает рудопроявления Джеваннет (Норвегия), Пороярви, Капля, Ансем, Брагинское и др. Эта зона испытала преобразования в свекофеннский период тектоно-магматической активизации и воздействие катаклаза, милонитизации, метасоматоза, диафтореза и др. Наиболее высокие содержания золота (до 3,5 г/т), с повышенными концентрациями As, Sb, Bi, установлены в хлорит-карбонатных, биотит-хлорит-карбонатных, углеродисто-карбонатных, углеродисто-хлоритовых и серицит-хлоритовых сланцах.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ №18-05-70001 и программы Президиума РАН № 55 «Арктика – научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития».

Лось В.Л. (АМР РК, Казахстан), Гольдберг И.С. (Interesources Pty Ltd, Австралия)
БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ, МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРОГРАММА
ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ IONEX
В КАЗАХСТАНЕ

Базовой моделью (теоретической основой) прогнозных работ явилось представление о формировании рудных объектов в процессе перераспределения элементов «на месте» в результате их извлечения из горных пород и перемещения в области накопления под действием естественных электрических полей. Рудообразующие системы (РС) представляют собой пространственно сопряжённые области накопления и выноса металлов, которые полно или фрагментарно фиксируются геохимическими полями в виде положительных и отрицательных «аномалий». Размеры РС варьируют от $n \cdot 10^{4-5}$ км² (провинции, районы) до $n \cdot 10^{1-2}$ км²

(месторождения). Их геометрия достаточно разнообразна, но области выноса обычно изометричны. Если рассматривать РС месторождений цветных, благородных и редких металлов, то можно выделить 6 геохимических ассоциаций для областей накопления металлов: **A1**–Zn, Pb, Cu, Ag, Cd, Se, (Te, Bi, As); **A2**–Pb, Zn, (Ag, Cd); **B**–Cu, (Mo, Co, Re); **C1**–Au, Te, Bi, Ni?, (As, Se, Sb); **C2**–Au, As, Sb; **D**–Mo, W, Be, Re. Зоны выноса почти всегда характеризуются пониженными содержаниями всех металлов (в том числе и сидерофилов).

Прогнозно-поисковая технология IONEX (при работе на открытых и частично открытых территориях) основана на высокоточных анализах пород и, главное, **фазовых анализах** подвижных форм рудных, сопутствующих и полярных к ним элементов (метод МПФ). На закрытых территориях используются только фазовые анализы. Плотность точек отбора проб – 1 точка на 1 см² карты. Сеть отбора – квадратная (или близкая к ней). Данные анализов обрабатываются с помощью авторского ПК Elan (структурный статистический анализ, построение 1-3D моделей геохимических полей, нелинейная корреляция, кластеризация и районирование) с выделением моно и полиэлементных структур, РС разных геохимических ассоциаций и прогнозной оценкой последних. Технология ориентирована на выявление скрытых РС, собственно рудных объектов и применима для различных геологических ситуациях при работах от регионального до детального масштабов.

В качестве базового метода прогнозно-поисковых работ на полиметаллы, медь, золото технология IONEX использовалась в следующих регионах Казахстана:

- Лениногорский и Зырянский районы Рудного Алтая. Площадь работ 24 000 км², масштаб 1:500 000 и 1:100 000. Заказчик работ: ТОО «КазЦинк», 2005–2007 гг.

- Западный Торгай. Площадь 11 000 км², масштаб 1:500 000 и 1:100 000. Заказчик работ: ТОО «КазЦинк», 2007–2008 гг.

- Жезказганский рудный район (ЖРР). Площадь 137 000 км², масштаб 1:1 000 000. Заказчик работ: Комитет геологии и недропользования МИР РК, 2014–2015 гг.

- Спасская меднорудная зона (Центральный Казахстан). Площадь работ 12 000 км², масштаб 1:200 000. Заказчик работ: ТОО «СП «Тау-Кен Проект», 2015–2017 гг.

Во всех регионах проведенные работы по технологии IONEX и их интерпретация позволили выявить новые закономерности в размещении рудных объектов и выделить новые потенциально перспективные на золотое, медное и полиметаллическое оруденение площади. В частности, на Рудном Алтае была выделена новая Нарымская геохимическая (металлогеническая) зона; в Спасской меднорудной зоне – участок перспективный на выявление значительного медного объекта. Особо следует обратить внимание на Южно-Карсакпайскую площадь в ЖРР, потенциально перспективную на выявление нового крупного золоторудного района.

Накопленный опыт позволили разработать концепцию изучения недр Казахстана и цифрового прогнозирования рудных полезных ископаемых на основе геохимической технологии IONEX, которая включает 4 этапа:

1 этап. Масштаб 1:2 500 000 (вся территория РК). Выделяемые объекты: рудные районы, крупные рудные узлы. Стоимость 1 км² – 0,8 USD.

2 этап. Масштаб 1:500 000 (9–12 площадей по 15–40 тыс. км²). Выделяемые объекты: рудные узлы, крупные месторождения. Стоимость 1 км² – 11 USD.

3 этап. Масштаб 1:100 000 (4–10 участков на каждой площади). Выделяемые объекты: месторождения. Стоимость 1 км² – 150 USD.

4 этап. Масштаб 1:25 000 (1–3 объекта для постановки оценочных работ). Выделяемые объекты: месторождения, рудные зоны. Стоимость 1 км² – 1400 USD (без стоимости геофизики и буровых работ).

Реализация 1-го этапа работ по технологии IONEX предусмотрена программой геологического изучения недр РК за счёт средств госбюджета и на их проведение составлена и утверждена проектно-сметная документация.

Для более полного извлечения целевой информации и знаний из получаемых с помощью технологии IONEX данных необходимо сформировать **технологию цифрового прогнозирования** рудных полезных ископаемых, которая обеспечит более точную количественную оценку прогнозных ресурсов. Общая схема цифрового прогнозирования и наработки (идеологические, математические, программные) по выполнению отдельных операций в настоящее время уже созданы. Главные требования к технологии цифрового прогнозирования: *системность* с охватом основных процедур прогноза рудных объектов; *междисциплинарность*, т.е. учёт фундаментальных физических, физико-химических и других законов природы; *новизна* разрабатываемых моделей, методов и технологий; *практическая применимость* разрабатываемых моделей, методов, технологий в широком диапазоне геологических условий и масштабов; *ориентация* разработок не только на внутренний, но и на внешний рынки геологоразведочных технологий.

Цифровая технология прогнозирования должна включать:

- описание и использование взаимосвязи пространственных переменных;
- цифровое описание систем (объектов) диффузионного типа (систем с плохо организованной структурой);
- томографию скалярных геохимических полей;
- элементы искусственного интеллекта на алгоритмической основе распознавания образов и нейросетей для выделения и оценки РС;
- математическое и компьютерное моделирование механизмов образования и размещения рудных объектов различных иерархических (масштабных) уровней.

Результатами выполнения предлагаемой программы исследований по оценке недр Казахстана на рудные полезные ископаемые на основе технологии IONEX и разработки новых методов цифрового прогнозирования будут:

- повышение инвестиционной привлекательности изучения недр Казахстана;
- открытие 10–20 значимых рудных объектов в течении 5–15 лет;
- развитие и повышение конкурентоспособности аналитических работ в РК (особенно в области фазовых анализов вещества);
- развитие цифровых технологий прогнозирования полезных ископаемых и превращение их в экспортный продукт;
- стимулирование разработки методов моделирования природных процессов, новых программных продуктов и природоподобных технологий.

Мигачев И.Ф., Звездов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ АНДЕЗИТОИДНЫХ И БАЗАЛЬТОИДНЫХ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ С МЕДНОПОРФИРОВЫМ ОРУДЕНИЕМ

Андезитоидные эпиконтинентальные вулканоплутонические пояса (ВПП) образуются в орогенно-активизационном режиме, преимущественно на окраинах континентов. Базальтоидные пояса формируются во внешних (барьерных) зонах островных дуг, завершая их развитие, и располагаются между фронтальными прогибами, примыкающими к глубоководным желобам, и внутренними (тыловыми) зонами островодужных структур. Во внутриконтинентальных складчатых системах базальтоидные ВПП располагаются непосредственно над

рифтогенными прогибами или на их флангах. Различия в геотектонической позиции названных поясов отражаются в их строении и металлогении.

В строении изученных *андезитоидных* поясов Узбекистана, Казахстана, России, Тихоокеанского кольца, Урало-Монгольского, Тетиса выделены структурно-формационные этажи (СФЭ), отвечающие трем этапам их формирования. На каждом из этапов образуются рудные месторождения определенных рудно-формационных типов, имеющие пространственно-временную связь с теми или иными геологическими формациями или их комплексами, что определяет металлогеническую зональность ВПП. На начальных этапах развития поясов возникают месторождения меднопорфирового семейства – Мо-, Cu-Мо-, Au-Мо-Cu-порфировые, ассоциирующие с андезит-диорит-гранодиоритовой, андезит-латит-диорит-монцитонитовой вулканоплутоническими ассоциациями (ВПА), с которыми также тесно связано Au, Au-Ag, Sn, Fe оруденение. На средних этапах образуются месторождения Мо, W, Sn, U, Au-Ag, Pb-Zn в связи с (андезит)-дацит-риолит-(гранодиорит)-гранитной и риолит-лейкогранит-щелочногранитной ВПА. На завершающих этапах – месторождения редких металлов и земель, флюорита, Sb и Hg, ассоциирующие с щелочными магматическими сериями пород. Кроме того, в строении ВПП выделяются структурно-вещественные комплексы (СВК) их фундамента (субстрата) – существенно сиалические, сиало-фемические и фемические, каждый из которых характеризуется собственной металлогенией.

Среди андезитоидных ВПП выделены пояса с полным и неполным циклом развития. В последних отсутствуют СВК среднего и (или) верхнего СФЭ и соответствующие им члены (месторождения) металлогенических рядов. Это позволило разработать принципиальную схему строения и формационно-металлогенической зональности ВПП, в которой отражены установленные и предполагаемые пространственно-временные связи геологических и рудных формаций, а также возможности регенерации ранних рудных месторождений поздними магматическими и рудогенными процессами. В качестве причины возникновения структурно-вещественной и металлогенической зональности ВПП рассматривается диапироподобная, валуобразная магматическая колонна, эволюция которой в режимах сжатия – растяжения выражается в смене мантийных источников магм и руд коромантийными, затем коровыми и вновь глубиннокоровыми или мантийными. Такая колонна включает: выступы мантии – глубинные магматические очаги – промежуточные очаги андезитоидных магм – батолитовые интрузивы над выступами очагов – ареалы плутонов рудоносных формаций и предопределяет возможность возникновения крупных, долгоживущих рудно-магматических систем (РМС), по масштабам эквивалентных рудным районам (РР), в пределах которых могут быть совмещены продукты рудогенеза разных СФЭ ВПП и их фундамента.

Среди РР андезитоидных поясов выделены районы «чистой линии», с «совмещенной» и «унаследованной» металлогенией. К *первому* типу отнесены наиболее часто встречающиеся районы с месторождениями какого-либо одного этапа формирования ВПП. Ко *второму* – районы, в которых присутствуют разнотипные месторождения – Au-Мо-Cu-порфировые, Au и Au-Te, Au-полисульфидные, Ag- и Sn-полиметаллические, редкометальные и другие, возникшие на различных этапах становления поясов (Дукатский в России, Коунрадский в Казахстане). К *третьему* типу отнесены районы с сочетанием рудных объектов фундамента поясов (стратиформных Fe-рудных, Pb-Zn в карбонатных толщах, Cu-колчеданных, колчеданно-полиметаллических, Au-рудных в терригенно-карбонатных толщах, жильных и штокверковых Au-сульфидных и Au-редкометальных, Au-Cu в массивах повышенной щелочности) с месторождениями самих ВПП. Для таких районов характерны месторождения, в формировании которых могли участвовать процессы регенерации более ранних скоплений руд

различного генезиса (Дальнегорский, Центрально-Камчатский в России, Карагайлинский в Казахстане, Алмалыкский, Центрально-Кызылкумский в Узбекистане, Бингхэм, Тайрон, Санта Рита в США, Панагюрский в Болгарии и др.).

В поясах *базальтоидного* типа распространены Au-Cu- и собственно Cu-порфировые месторождения. Они находятся в тесной пространственно-временной связи с ВПА, образованной базальт-андезит-базальтовой и габбро-диорит-кварц-диоритовой (плагиигранитной) формациями. Эта ассоциация завершает натриевую серию базальтоидного магматизма, закономерно сменяя во времени и по латерали однородные базальтовые и колчеданосные контрастные и непрерывные формации, что в ряде случаев отражается в повышенной золотоносности руд меднопорфировых объектов (месторождения Салаватского, Вознесенского и Кони-Пьягинского районов в России, Баджио на Филиппинах, Грасберг, Туджу Букит в Индонезии, Ок Теди, Уафи-Голпу в Папуа – Новой Гвинее, Намоси на Фиджи и др.).

Таким образом, месторождения вышеназванных рудно-формационных типов меднопорфирового семейства занимают определенное положение в структурах андезитоидных и базальтоидных ВПП и ассоциируют, соответственно, с K-Na- (Na-K-) или Na-ми известково-щелочными плутоногенными формациями продуктивных ВПА, что находит свое выражение в различиях рудно-метасоматической зональности и вещественного состава руд (соотношениях Cu, Mo, Au в запасах и содержаниях). Вместе с тем, в поясах обоих типов известны крупные и сверхкрупные (гигантские и супергигантские) месторождения, которые, как правило, сосредоточены в сегментах (магматогенных поднятиях) ВПП с режимом интенсивного регионального сжатия (с подавлением вулканизма) на ранних этапах формирования. Такой режим способствовал накоплению значительных объемов металлоносных флюидов, отделившихся от кристаллизующихся расплавов, в магматических камерах (батолитовых интрузивах над промежуточными очагами) на небольших глубинах (до 15 км). Мощный флюидный поток, возникший при резкой декомпрессии этих камер в период релаксации (инверсии) тектонических напряжений при орогенном воздымании и эрозии земной коры, наряду с другими благоприятными факторами (структурно-петрофизическими и геохимическими барьерами, рудоносностью СВК субстрата ВПП), приводил к отложению меднопорфировых руд в значительных масштабах в эндо-экзоконтактовых зонах порфировых интрузивов, являющихся апофизами крупных массивов на глубине.

**Миляев С.А., Кряжев С.Г., Виленкина Ю.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПОИСКОВО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАЛОЖЕННЫХ ОРЕОЛОВ
РАССЕЯНИЯ СКРЫТЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Геохимические поиски рудных месторождений на территориях, где рудоносные породы перекрыты чехлом покровных отложений, ведутся путем выявления над ними вторичных наложенных ореолов рассеяния. Наложённые ореолы формируются в результате миграции рудных компонентов (элементов, ионов, газов, микрочастиц минералов) из глубинных источников к земной поверхности, где они частично фиксируются в современной коре выветривания (почвах). Основной причиной связывания компонентов наложенного ореола является сорбция катионов тяжелых металлов разнообразными коллоидами зоны гипергенеза, большая часть которых содержится в почвенном покрове.

Десорбция тяжелых металлов из почв может проводиться слабым раствором азотной кислоты. При воздействии на почву азотной кислотой 75–80% поглощенных катионов переходят в раствор в течение нескольких минут. В течение суток HNO_3 вытесняет слабые кислоты из

карбонатных соединений металлов, образуя хорошо растворимые соли (нитраты); активно взаимодействует с основными и амфотерными оксидами металлов. На принципе, заключающемся в извлечении тяжелых металлов из тонкой фракции почв разбавленным раствором азотной кислоты с последующим ICP MS анализом полученных вытяжек, основан ионно-сорбционный метод литохимических поисков полиметаллических месторождений.

По данным мелкомасштабного почвенно-ландшафтного районирования южной части Сибирского федерального округа и опытно-методических работ оценены допустимые мощности перекрывающих покровных отложений, при которых могут быть выявлены наложенные ореолы полиметаллических объектов ионно-сорбционным методом. Оценка проводится по простейшей номограмме в координатах: тип водного режима – поглотительная способность почв. Анализ номограммы показывает, что минимальной мощностью перекрывающих отложений, при которых могут быть выявлены наложенные ореолы является 10–15 м (мерзлотно-таежные ландшафты), максимальной – 100–150 м (степные ландшафты). Естественно, что при таких эмпирических оценках не учитывается всё разнообразие ландшафтно-геохимических обстановок. На условия ведения геохимических поисков в закрытых районах кроме биоклиматических особенностей большое влияние оказывают генетический тип, состав, возраст рыхлых отложений, морфоструктурные особенности рельефа, гидрогеологические условия и другие факторы.

Целесообразным масштабом литохимических съемок ионно-сорбционным методом при поисках полиметаллических месторождений является 1:50 000 (500±50 м) с доведением детальности – до 1:25 000 на выявленных аномалиях. Ионно-сорбционные съемки в масштабе 1:10 000 и крупнее нецелесообразны, так как приводят к резкому возрастанию объема и стоимости работ без существенного увеличения полезной информации. Выявленные при поисковых съемках аномалии необходимо классифицировать по типам, объединяя их по геологической, геофизической и ландшафтной приуроченности, по геохимическим спектрам, количественным параметрам и другим признакам. Среди литохимических аномалий принято различать четыре основных типа: а) наложенные литохимические ореолы рассеяния погребенных месторождений; б) «породные» аномалии, обусловленные повышенным содержанием рудных элементов в определенных горизонтах перекрывающих отложений; в) «ландшафтные» аномалии, связанные со сменой ландшафтно-геохимических условий или гипергенным накоплением рудных элементов на различных геохимических барьерах; г) техногенные аномалии.

Самостоятельную проблему геохимических исследований составляет возможность отличия наложенных ореолов «промышленного оруденения» от зон рассеянной минерализации (по С.В.Григоряну). Поскольку геохимический спектр элементов-индикаторов в обоих случаях схож то решение этой проблемы представляет трудную задачу. В благоприятных случаях она решается путем выбора геохимического показателя, представляющего собой отношение между произведениями линейных продуктивностей группы «низкотемпературных» элементов (числитель) и группой «высокотемпературных» элементов (знаменатель), которые по смыслу отвечают мультипликативному коэффициенту зональности.

Минина О.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РУДОНОСНЫЕ ПЛУТОНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК
КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
В МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСАХ
ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

На территории Нижнего Приамурья, Приморья и Сихотэ-Алиня в структурах Сихотэ-Алинской мезозойской складчатой системы и восточного фланга Буреинско-Ханкайского синклинального мегаблока развиты Западно-Сихотэ-Алинский (K_{1-2}), Восточно-Сихотэ-Алинский (P-N) и Хингано-Охотский (K_{1-2}) вулканоплутонические пояса (ВПП), сформированные в орогенно-активизационном режиме. Они протягиваются в северо-восточном направлении на расстояние от 700 до 1200 км и на флангах частично перекрываются друг с другом. Предшествующими исследованиями коллективами ЦНИГРИ ВПП России и Мира установлено, что в качестве продуктивных на медно-порфировое оруденение выступают плутониты андезит-дацит-диорит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциации (ВПА) раннего этапа становления поясов, ареалы развития которой определяют положение медно-порфировых металлогенических зон. На этой основе проанализировано строение ВПП юга Дальневосточного региона с выделением потенциально рудоносных плутонитов и оценкой перспектив каждого из поясов на обнаружение медно-порфировых месторождений.

Западно-Сихотэ-Алинский ВПП (ЗСА ВПП) состоит из отдельных ареалов K_{1-2} плутонитов и менее распространенных вулканитов, контролирующихся глубинными и региональными разломами во внутренней зоне Сихотэ-Алинской системы. Магматиты андезит-риодацит-гранодиоритовой ВПА раннего этапа составляют около 80% его объема. В южном звене она образована сеноман-туронскими вулканогенными комплексами: черемуховским андезитовым и синанчинским андезит-риодацитовым, которым по составу и возрасту близки улунгинский, новогорский, синегорский, березовско-араратский, корфовский комплексы монцонитоидной габбро-диорит-гранодиоритовой формации. С массивами плутонитов сопряжены Лазурное, Малахитовое, Верхнезолотое и другие медно-порфировые проявления. В среднем-северном звеньях пояса вулканиты ранней ВПА представлены андезитовой или андезит-дацитовой (больбинский, северянский, омельдинский комплексы и их аналоги позднего сенона) и следующей за ними дацит-риолитовой (татаркинский, матайский, ольгоконский комплексы K_2) формациями. В то же время интрузивные образования раннего этапа, потенциально продуктивные на медно-порфировые руды, в этой части пояса достоверно не выделены. Известные здесь проявления и месторождения этого типа связываются большей частью с допоясовым K_2 нижеамурским габбро-диорит-гранодиорит-гранитовым комплексом, сопровождающимся промышленным мышьяковистым золото-сульфидно-кварцевым и золото-редкометалльным оруденением, характерным для раннеорогенных гранитоидов.

Данные геологических съемок последних лет позволяют выделить группу интрузивных комплексов, которые, с учетом геологического возраста, состава и геохимической специализации могут представлять плутониты ЗСА ВПП, продуктивные на медно-порфировое оруденение. Это K_2 массивы (габбро)-диорит-гранодиоритового состава с монцонитоидным уклоном, не свойственным гранитоидам нижеамурского комплекса: Вьюнский, Новотроицкий, Гырманский Нижнеамурского ареала, Наулинский, Болжинский, Пельхинский, Ходжарский и другие мелкие тела в междуречье Гур–Селихин–Мачтовая и на правобережье р. Амур между устьями рек Анюй и Гур, массивы венюковского и баппинского комплексов на восточном фланге пояса, эвурского – на западном. С некоторыми из них сопряжены медно-порфировые

проявления: Цокольное, Удомин, Лимонитовое в Тумнском ареале, Хвощевое и Долгановское – в Дурминском, Кантагарское, Ямтульское и Кентавр – на юго-восточном фланге Эвурского ареала, золото-медные проявления Пони-Мулинского рудного узла. Рудоносные интрузивы диоритов Болоньского рудного узла с золото-медно-порфировым месторождением Малмыж, вероятно, принадлежат самостоятельному K_2 комплексу, в котором, в отличие от перечисленных выше, монцитонитовый уклон не проявлен. Таким образом, плутониты раннего этапа становления ЗСА ВПП, отвечающие габбро-диорит-гранодиоритовой формации нередко с монцитонитовым уклоном, продуктивной на медно-порфировое (с золотом) оруденение, широко проявлены в среднем-северном звеньях пояса, определяя его значительные перспективы на обнаружение новых месторождений этого типа.

Восточно-Сихотэ-Алинский ВПП занимает прибрежную часть континента и отличается наиболее широким развитием вулканитов. Потенциально продуктивная ВПА раннего этапа (маастрихт-палеоцен) представлена вулканитами дацит-андезитового самаргинского и сусанинского, риолит-андезитового дорофеевского, дацит-риодацит-риолитовых сияновского, богопольского, маломихайловского комплексов, а также плутонитами дальнегорского гранит-гранодиорит-диоритового (с Лидовским скарново-медно-порфировым месторождением), аванского гранодиоритового, июлийского, бекчиулского и левотормасинского монцитонитовых диорит-гранодиорит-гранитовых комплексов с медно-порфировыми проявлениями Тырское, Ковриженское, Ночное, Сухое, Верхнеарсеньевское, Кукша и др. Вулканогенные формации, продуктивные на золото-адуляр-кварцевое и золото-серебряное оруденение, вместе с комагматичными плутонитами составляют основу комплексных рудно-магматических систем, перспективных на выявление медно-порфировых руд во внутренней зоне и золоторудных – в верхней и периферической.

Хингано-Охотский ВПП сформирован в $K_{1,2}$ на сопряжении Сихотэ-Алинской складчатой системы с Буреинско-Ханкайским кратонным массивом и состоит из разобщенных вулканогенно-интрузивных ареалов с омоложением возраста магматических образований в северо-восточном направлении. Андезит-дацит-диорит-гранодиоритовая ВПА, потенциально продуктивная на медно-порфировые руды, в небольшом объеме выделяется в Хингано-Олонойском, Бирско-Белоянском и Мяочанском ареалах, где представлена вулканитами андезитового и дацитового состава в объеме станолирской, большечуркинской, сулукской, окондинской, холдоминской и амутской толщ в ассоциации с массивами анникского, кульдурского и пурильского габбро-диорит-гранодиоритовых комплексов. Рудоносные интрузивы сопровождаются медно-порфировыми проявлениями (Капрал, Пурил, Элибердан, Хурба, Моглойское и др.) либо обуславливают повышенное содержание меди в оловорудных телах (зона Малахитовая Хинганского месторождения и др.). Преобладающие в строении пояса магматиты риолит-игнимбрит-гранодиорит-гранитовой ВПА второго этапа определяют его оловорудную металлогеническую специализацию. Тем не менее, участие в строении ряда вулканогенно-интрузивных структур плутонитов ранней андезит-диорит-гранодиоритовой ВПА определяет их потенциальную перспективность на медно-порфировое оруденение.

Мурзин О.В., Мурзина Н.М. (АО «СНИИГГиМС», АО «Росгео»)
ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
ОРУДЕНЕНИЯ САЛАИРСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Общими чертами полиметаллических месторождений Салаира являются:

- процесс рудообразования тесно связан со становлением вулканогенных формаций, относимых к печеркинскому лейкобазальт-плагиориолитовому вулканическому комплексу, в составе нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой и верхней – контрастной базальт-риолитовой;
- месторождения приурочены к локальным палеодепрессиям или экстррузивным куполам, являющимися осложнениями более крупных вулcano-тектонических структур, в некоторых случаях к склонам рифогенных построек;
- рудоконтролирующими структурами являются зоны разломов глубокого заложения (зоны смятия, интенсивного рассланцевания и трещиноватости пород);
- рудовмещающими породами служат метасоматически измененные кварцевые и кварц-плагиоклазовые дациты и риолиты, серицитизированные туфы кислого состава, кремнистые туффиты и кварц-хлорит-серицитовые породы;
- околорудно-измененные породы развиваются, как в лежащем, так и в висячем боку рудных залежей, а также по восстанию и падению от них, имеют мощность несколько десятков метров и четко проявленное зональное строение. Кварц-серицитовые сланцы и серицитовые кварциты зальбандов рудных залежей сменяются кварц-серицит-хлоритовыми и кварц-альбит-хлоритовыми сланцами постепенно переходящими в менее измененные разности пород. Окварцевание по отношению к рудным телам тяготеет к лежащим бокам рудных залежей;
- промышленные рудные залежи сформировались в два этапа: 1. гидротермально-осадочный; 2. метаморфогенный;
- характерно кулисообразное расположение рудных зон и рудных тел;
- преобладающая форма рудных тел – линзовидная;
- две формы границ руд и вмещающих пород: а) линзовидные тела имеют четкие границы; б) штокверковые рудные тела, располагающиеся, как правило, в нижних частях месторождений и состоящие из системы пересекающихся кварц-хлоритовых прожилков с переменной сульфидной вкрапленностью не имеют четких геологических границ;
- главные минеральные типы руд: колчеданно-полиметаллические, колчеданно-свинцово-цинковые, медно-колчеданные, барит-полиметаллические, часто с золотом и серебром;
- зональное размещение медных и медно-цинковых руд в центральных и нижних частях рудных залежей, а в их верхних и периферийных частях – цинковых, свинцово-цинковых, полиметаллических;
- высоко аномальные концентрации Au, Pb, Cu, Ag, Fe, As, Zn и др. элементов в первичных геохимических ореолах, характерные для золотосодержащей колчеданно-полиметаллической формации;
- положительные локальные линейно вытянутые в направлении основных геологических структур магнитные аномалии третьего (или выше) порядка;
- положительные локальные гравитационные аномалии третьего (или выше) порядка, на общем пониженном фоне наблюдаемого поля силы тяжести;
- положительные локальные линейно вытянутые в направлении основных геологических структур аномалии кажущегося электрического сопротивления, тесно ассоциирующие с отрицательными аномалиями. При этом рудные тела, как правило, тяготеют к зоне градиента;

-
- локальные линейно вытянутые в направлении основных геологических структур отрицательные аномалии комплексных мультипликативных аномалий KTh/U;
 - повышенные значения $> 2\%$ поля вызванной поляризации.

**Никешин Ю.В., Татарко Н.И., Двуреченская С.С., Алямкин В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ВУЛКАНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА
ЮЖНО-ПОДОЛЬСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ
(предварительные данные)**

Начиная с 2018 г., силами АО «Росгеология» на участке Южно-Подольского рудопрооявления проводятся поисковые работы по Госконтракту. В рамках этих работ ФГБУ «ЦНИГРИ» выполняет работы по субподряду по изучению вещественного состава руд и окколорудных метасоматитов Южно-Подольского рудопрооявления и его положения в разрезе колчеданоносных толщ Подольского блока. Работы ФГБУ «ЦНИГРИ» включают построение разномасштабных геологических разрезов (поперечных и продольных) через Южно-Подольскую площадь, выделение основных палеовулканических структур в ее пределах и разработку геолого-поисковой модели Южно-Подольского рудопрооявления. Расчленение вулканогенного разреза рудопрооявления осуществляется как на основе специализированной документации керна проектных поисковых скважин (с сокращенным петрографическим исследованием и описанием прозрачных шлифов), так и с использованием материалов по скважинам предшествующих ГРР. По данным отстроенных к настоящему времени поперечных геологических разрезов (по линиям профилей 136 и 146) и продольного разреза масштаба 1:10 000, в основании разреза участка Южно-Подольского рудопрооявления скважинами подсекаются вулканиты андезито-дацитово́й толщи баймак-бурибайской свиты (D_{2eb-br}), представленной витрокластическими туфами андезито-дацитового состава с прослоями лав андезито-дацитовых порфиритов и вулканомиктовых пород. В структурно-морфологическом плане они образуют плоский туфовый конус (в виде возвышения). С севера и юга образования андезито-дацитово́й толщи частично перекрываются кварцевыми риолито-дацитовыми порфиритами ранней генерации. Последние на разрезах предшественников в пределах Подольского блока также перекрывают андезито-дацитовую толщу и далее вверх по разрезу во многих случаях «пальцуются» с дацитовой толщей баймак-бурибайской свиты, что говорит о близсинхронности их формирования. Продольный разрез показывает что, на участке Южно-Подольского рудопрооявления андезито-дацитовую толщу согласно перекрывают вулканиты дацитовой толщи баймак-бурибаевской свиты, образуя многовершинную лавовую купольную постройку общей протяженностью в меридиональном направлении около 4 км. Депрессионные структуры между вершинами купольной постройки выполняют кварцевые риолито-дацитовые порфириты поздней генерации с наличием подводящих каналов. На порфиритах поздней генерации с небольшим перерывом, фиксируемым маломощным прослоем туфогенно-осадочных пород, залегает самостоятельное экструживное тело гибридных кварцсодержащих андезитоидов (андезито-дацитов).

В поперечном геологическом разрезе по профилю 146, отстроенном авторами с использованием данных по краткому петрографическому исследованию прозрачных шлифов, наметились участки с развитием реликтов полевых шпатов, что позволило в экструживном куполе кварцевых риолито-дацитов поздней генерации выделить его экструживно-субвулканическую (центральную) часть с развитием кварцевых риолито-дацитовых порфиров и лавовые (фланговые) части с развитием кварцевых риолито-дацитовых порфиритов. При этом крупнокварцевые разновидности (с размером вкрапленников до 8 мм) слагают вершинную часть купола.

Вкрапленники кварца повсеместно изменены с участием тонкочешуйчатого серицита, карбоната, эпидота, цеолитов; гломеропорфировые сростки плагиоклаза – пелитизированы. Основная масса вулканитов представляет собой крипточешуйчатый агрегат гидрослюдисто-слюдисто-глинистого состава с карбонатом, кварцем и пиритом.

Вне зависимости от вышеуказанного разделения экструзивной постройки в ее пределах наблюдаются хаотично разбросанные маломощные интервалы интенсивного развития сульфидной минерализации (пирит, халькопирит, сфалерит), выделяемые как визуально, так и по данным опробования. В последних случаях содержания меди достигают – 1,28 %, цинка – 4,13%. Особо следует отметить выявленную проектной скважиной 15 зону прожилково-вкрапленной минерализации мощностью 20,6 м, в которой среднее содержание меди составляет – 1,07%, цинка – 4,1%.

Представленный вариант вулканической структуры изучаемого в настоящее время Южно-Подольского рудопоявления в совокупности с разработанной геолого-поисковой моделью детально изученного Подольского медно-цинковоколчеданного месторождения может быть использован для создания комплексных моделей колчеданосных рудных полей Южного Урала.

**Никешин Ю.В., Тучина М.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПЛОЩАДНАЯ УДЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПО МЕДИ
КОЛЧЕДАНОСНЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ ЮЖНОГО УРАЛА
(применительно к различным типам месторождений)**

В принятой методике оценки прогнозных ресурсов меди категории P_3 используются значения площадной удельной продуктивности («g» – тонн/км²), которая рассчитывается как отношение суммы запасов (включая погашенные) к площади. В металлогеническом плане данная оценка привязана к рудным районам. В существующих справочниках (ЦНИГРИ, ВСЕГЕИ и др., 1986) указаны значения «g» по меди рудных районов для некоторых рудных формаций в целом (в частности, медно-цинковой колчеданной) без разделения рудных районов по типовым геологическим обстановкам, что затрудняет достоверность оценки прогнозных ресурсов меди данной категории. Исследования авторов были направлены на получение значений «g» по колчеданосным рудным районам, выделяемым в настоящее время на Южном Урале (территории Республики Башкортостан, Оренбургской и Челябинской областей). Для каждого рудного района была определена его спецификация по основным типам месторождений, выделенных в базовой классификации месторождений колчеданного семейства: уральский (медно-цинково-колчеданный) с разделением на уральский-I (контрастная риолит-базальтовая формация) и уральский-II (непрерывная базальт-андезит-дацит-риолитовая формация) подтипы; куроко (свинцово-цинково-медноколчеданный) и кипрский (медноколчеданный), включая кобальт-медноколчеданные месторождения.

Наиболее представительной является выборка по уральскому типу, включающая 10 рудных районов (6 – с развитием непрерывной формации и 4 – контрастной). Из всей совокупности проанализированных запасов меди на долю месторождений уральского типа приходится 87,7%. Рудные районы уральского типа привязаны к следующим структурно-формационным зонам (СФЗ), со значениями «g» по рудным районам: Сакмарская (Медногорский – 3184); Тубинско-Гайская (Бурибайский – 8547, Маман-Мамбетовский, включая Подольское рудное поле – 7843, Гайский – 16720); Истамгулово-Сибайская (Сибайский – 3124); Учалинско-Александринская (Учалинский – 4235, Верхнеуральский – 3227); Ащевутакская (Ащевутакский – 170), Березовско-Сугомакская (Карабашский – 483), Варненская (Султановский – 71). Остаются не

до конца выясненными условия локализации медноколчеданных руд Светлинского месторождения (Буруктальский рудный район).

Рудные районы кипрского типа, на долю которых приходится 6,2% совокупности проанализированных запасов, находятся в Присакмарско-Вознесенской СФЗ (Юлукский – 467, Ивановский – 215, Ишкининский – 281) и Домбаровской (Домбаровский – 480). В равной доле по запасам с кипрским типом находятся районы типа куроко (6,1%). Они расположены в Тубинско-Гайской СФЗ (Баймакский – 550), Учалинско-Александринской (Александринский – 150), Джусинской (Теренсайский – 165) и Березовско-Сугомакской (Миасский – 75).

Анализируя полученный цифровой ряд значений «g», можно отметить следующие особенности: 1) наиболее продуктивными на медь являются рудные районы с развитием месторождений уральского типа, за исключением уникального Гайского района, «g» районов уральского-I подтипа в среднем составляет – 4773, уральского-II – 3851; 2) значения «g» кобальт-медноколчеданных рудных районов (среднее – 248) резко отличаются от соответствующих значений рудных районов собственно кипрского типа (474), что, по-видимому, может свидетельствовать о их самостоятельности.

При сложившейся практике оценки прогнозных ресурсов меди категории P_3 чаще всего используется продуктивность объекта-эталона по отношению к площади рудного района с введением поправочного коэффициента (выбор которого неоднозначен), что методически неправильно. Полученные в результате статистической обработки значения «g» позволяют, во-первых, использовать при оценке непосредственно данные значения, во-вторых, избежать введения поправочного коэффициента. Собранные авторами база данных может быть в дальнейшем также использована при построениях, направленных на выяснение вопросов металлогенической зональности колчеданосных поясов Южного Урала.

**Разиков О.Т. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз),
Хошжанова К.К. (НУУз)
НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ
В ГОРАХ КУЛЬДЖУКТАУ**

Кульджуктауский рудный район представляет собой небольшие возвышенности, расположенные на юго-западном окончании Центральных Кызылкумов. Геологическое строение гор Кульджуктау является сложным, обладает рядом особенностей, связанных с широким развитием магматических и последующих геологических процессов. Рудоносность, являющаяся следствием эволюционного геологического развития Кульджуктауского района отличаются разнообразием полезных ископаемых – графит, золото, никель, ртуть, редкие земли и др. Только здесь выявлены промышленные объекты графита (месторождение Тасказган и десятки мелких объектов). Больше нигде в Центральных Кызылкумах промышленных скоплений графита не обнаружено.

В районе в прошлом были выполнены крупномасштабные геологосъемочные (Я.Б. Айсанов, Д.И. Егоров и др.), геофизические (Г.И. Журавлев и др.) и тематические (Х.М. Абдуллаев, И.Х. Хамрабаев, М.Ш. Шарафиев, Г.Г. Лихойдов, А. Каюмов и др.) работы, в результате которых выяснено тектоническое строение и расчленены домезозойские осадочно-метаморфические и магматические породы. Несмотря на это геологическая и тематическая изученность Кульджуктауского горнорудного района оставалась недостаточной по сравнению с другими районами Центральных Кызылкумов – Букантауским, Тамдытау-Аристантауским, Ауминзатауским.

В связи с этим в последние годы исследователи и производственники усилили работы в этом районе. Научные работы Т.Н. Далимова, Р. Абдуллаева, Р. Ахунджанова и др. позволили с позиций плейт-тектоники взглянуть на геологическое развитие Кульджуктауского горнорудного района.

Для изучения структурного контроля оруденения важное значение имеют их напряженно-деформационное состояние до рудообразования и в период рудообразования. Выявлены следующие характеристики деформаций на период рудообразования: зоны золотоносных жил и сдвига, выстроенные, в основном, от север-северо-запада к северо-западу по простиранию; зоны правостороннего сдвига с расщепляющимися разломами; лампрофировые дайки простирающиеся по направлению север-северо-запад; вторичные кинкбанды или кливажи скольжения с развитием структур сдвиг-кливаж (С-К) в слоистых (сланцевых) зонах сдвига.

В результате детального изучения была выделена перспективная на золото площадь Адылсай, включающая рудопроявления Адылсай, Адылсай Северный.

Следующие факторы позволяют считать рассматриваемую площадь как требующую дополнительного изучения:

- положение в зоне долгоживущего разлома, зародившегося в раннем палеозое и активного доныне;
- наличие интрузивных массивов на глубине по геофизическим данным;
- широкое развитие порфир-порфиритовых даек, с которыми возможно, парагенетические связана золоторудная минерализация;
- обилие разноориентированных разрывов, сопровождаемых кварц-барит-кальцитовой минерализацией с киноварью; наличие крупных скрытых разломов фундамента, играющих важную роль в металлогении;
- широкое развитие ртутной минерализации, была установлена генетическая связь золота со ртутью, а также горизонтальная зональность в их распределении;
- присутствие обширных совмещенных ореолов золота, мышьяка и сурьмы наряду с рядом известных золоторудных проявлений.

Рекомендованное проведение опережающих специализированных поисковых работ на данной площади позволит увеличить металлогенический потенциал региона и в дальнейшем перевести его на более высокие категории ресурсов.

**Сенкевич В.С. (ООО «Сибгеоконсалтинг»)
ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ БУРЕНИЯ
ГЛУБИННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ НА ФЛАНГАХ
МУЛИНСКОЙ ВПАДИНЫ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)**

Бутунтаевский рудный узел, площадью 290 км² расположен в междуречье Бырки и Борзи в районе пос. Мулино и Бутунтай. Интересным представляется положение узла в периферической части Кличкинскинского полихронного гнейсогранитного вала, что сходно с положением Балейского рудного узла (зеркальное отражение). Рудный узел соответствует Мулинской вулканоплутонической структуре средне-позднеюрского возраста, центром которой является Мулинский шток. На Мулинскую очаговую структуру наложен Еланский грабен нижнего мела, вытянутый в северо-восточном направлении.

Рудная минерализация приурочена к толще грубообломочных отложений нижней-средней юры (месторождение Нойон-Тологой), к структурам вулканоплутонической средней-поздней юры II порядка, осложняющих вулканотектоническую впадину гипабиссальным штокам и

порфировым дайкам, а также к нижнемеловому грабену. Уровень золотоносности полиметаллических рудных залежей месторождения Нойон-Тологой в среднем составляет 1,1 г/т (Карелин С.П. «ЗабНТГео», 2009).

Рудопроявление Талман. Участок сложен полимиктовыми конгломератами и песчаниками, в южной части перекрытыми андезибазальтами, андезитами, дацитами и прорваны субвулканическими телами трахиандезитов, граносиенит-порфиров мулинского субвулканического комплекса, с которым парагенетически связано оруденение. По результатам литохимического опробования выделены обширные ореолы повышенных концентраций золота 0,01–0,3 г/т, серебра, свинца, цинка, мышьяка (Губкин Г.Н. «Сосновгеология», 1995 г.).

Особый интерес представляет Еланское рудопроявление золото-адуляр-кварцевого типа, залегающего в аргиллизированных и окварцованных породах нижнего мела. Здесь известно три минерализованных зоны протяженностью до 1000 м и мощностью до 100 м, содержащие золота по данным штучного опробования до 6–10 г/т. Выделяется Еланский участок площадью около 30 км² с Еланским рудопроявлением в центре, соответствующее предполагаемому Еланскому рудному полю, где прогнозируется значимое близповерхностное золото-серебряное оруденение балецкого типа исходя из признаков, соответствующих прогнозно-поисковой модели Балецкого рудного поля (Ищукова Л.П. «Читагеологоразведка», 2002).

Ожидаемый тип оруденения – минерализованные зоны с содержанием золота 3–5 г/т с более богатыми маломощными жилами, приуроченные к разрывным крутопадающим структурам и благоприятным горизонтам осадочных пород.

В настоящее время пробурена скважина ГЛ-1Д глубиной 1960,6 м, выполнен комплекс ГИС до глубины 1400 м. Скважина пройдены на Центральном участке месторождения Нойон-Тологой (Дубовик Н.Е. «КБК», 2016).

На Мулинской площади рекомендуются поисковые работы, основным методом которых являются глубинные геохимические поиски с использованием шнекового бурения и бурения мало глубинных скважин по профилям, пересекающим рудоносные зоны северо-восточного и субмеридианального направлений, в совокупности с бурением глубоких скважин даст результат для выхода на качественный геолого-промышленный полигенетический и комплексный тип золото полиметаллического объекта.

Серавина Т.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА

Свинец и цинк относятся к стратегическим видам минерального сырья, достигнутые уровни добычи которых недостаточно обеспечены активными запасами. Одними из основных источников свинца и цинка в мире являются месторождения в терригенно-карбонатных комплексах, которые могут быть отнесены к типу SEDEX. Данный тип на территории РФ включает такие крупные месторождения как Сардана, Павловское, а также, на основе получения новых данных, месторождения Приаргунья (Воздвиженское, Савинское 5, Акатуй и др.).

Стратегией развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 г. предусматриваются специализированные прогнозно-минерагенические исследования и геологоразведочные работы поисковой стадии на высоколиквидное минеральное сырье (в том числе на свинец и цинк) в перспективных районах для создания новых минерально-сырьевых центров.

Одними из таких регионов для развития МСБ свинца и цинка является территории с развитой и строящейся инфраструктурой: Приаргунская МЗ (Забайкальский край); Ангаро-

Большепитская МЗ (Красноярский край); Центрально-Новоземельская МЗ (Архангельская область); Кыллахская МЗ (Республика Саха (Якутия)), а также новые регионы: Прибайкальская МЗ (Иркутская область); Омулевская и Приколымская МЗ (Магаданская область, Республика Саха (Якутия)).

Месторождения в осадочных толщах Приаргунской МЗ (Приаргунский (Нерчинско-Заводской) формационный тип) приурочены к карбонатно-терригенной формации венда-нижнего кембрия, которая подразделяется на две субформации: нижнюю – углеродисто-карбонатно-терригенную (V), и верхнюю – углеродисто-терригенно-карбонатную (C_{1-2}). В пределах формации выделяются минеральные типы месторождений – существенно цинковый, существенно свинцовый и свинцово-цинковый, образующие вертикально-латеральные ряды, связанные с фациальными особенностями рудовмещающего разреза.

Ангаро-Большепитская МЗ характеризуется развитием отложений нижнего сухопитского и верхнего тунгусикского комплексов. Рудоносными являются вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенная и углеродисто-кремнисто-карбонатная формации (R_3) низов тунгусикского комплекса, специализированные соответственно на цинково-свинцовое, стратиформное свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение. Основными рудоконтролирующими структурами являются палеопрогибы и биогермные постройки на склонах палеоподнятий, которые в совокупности с рудоносными субформациями, выполняющими их, определяют площади рудных полей.

Наиболее перспективные рудные объекты Центрально-Новоземельской МЗ относятся к карбонатной формации и локализуются в карбонатных и – реже – терригенных отложениях палеозоя, а также в секущих их кварцевых, кварц-кальцитовых жилах и прожилках.

Свинцово-цинковое оруденение Кыллахской МЗ локализовано в карбонатных породах, преимущественно в доломитах верхнесарданской подсвиты венда. Рудные тела залегают в сахаровидных доломитах матасоматического происхождения.

Свинцово-цинковые (галенит-сфалерит-флюоритовые) месторождения Прибайкальской МЗ формируются в отложениях терригенно-карбонатной формации рифейского возраста. Оруденение проявлено преимущественно в виде пластообразных согласных рудных залежей, размещающихся в терригенно-карбонатных породах голоустенской и улунтуйской свит байкальского комплекса.

В пределах Омулевской и Приколымской МЗ известны стратиформные в терригенно-карбонатных комплексах, скарные и жильные месторождения свинца и цинка. Наибольший практический интерес представляют стратиформные месторождения и рудопроявления. Месторождения и рудопроявления региона локализованы в отложениях терригенно-карбонатной формации силур-позднедевонского возраста, представленной известняками, доломитами, мергелями, известковистыми, кремнистыми и углеродистыми алевролитами. Непосредственно рудные тела обычно локализованы в пачках доломитов диагенетического, катогенетического и гидротермально-метасоматического типов. Широкое развитие известняков с фаунистическими остатками позволяет предположить, что образование формации и рудообразование происходило на склонах биогермных холмов и рифогенных построек.

**Серавина Т.В., Кузнецова Т.П., Кузнецов В.В., Богославец Н.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ПРИАРГУНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

В пределах Приаргунской металлогенической зоны локализованы полиметаллические и колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенных ассоциациях (VHMS) и в осадочных толщах (SEDEX).

Месторождения в вулканогенных ассоциациях (VHMS). Формационный тип – колчеданно-полиметаллический в осадочно-вулканогенных породах. К данному типу отнесены полиметаллического месторождения в мезозойских вулканогенно-осадочных образованиях (Нойон-Тологойский тип). Золото-серебро-полиметаллические или колчеданно-полиметаллические рудные тела представлены стратифицированными и штокверковыми жильными зонами и локализованы в вулcano-тектонических депрессионных структурах мульдообразной формы с пологими бортами. Рудные тела контролируются синвулканическими нарушениями и с ними связанными зонами трещиноватости. Субсогласные зоны контролируют пологозалегающие стратифицированные рудные тела, а крутопадающие – секущие напластование штокверковые зоны. Соотношение в составе формации кремнисто-терригенных и вулканогенных отложения определяется с одной стороны близостью вулcano-аппаратов (субвулканических отложений – относящихся к жерловым фациям вулканизма), а с другой, самим характером и интенсивностью вулканической активности в пределах рудных полей и месторождений.

Золото-серебро-полиметаллическое оруденение месторождений представлено послойными или секущими вмещающие вулканогенно-осадочные породы зонами сульфидных руд прожилковой, прожилково-гнездово-вкрапленной и вкрапленной текстуры. В меньшей степени развиты жилы и линзы мощностью в первые десятки сантиметров, сложенные сульфидными агрегатами массивной текстуры. В зависимости от изменения щелочности вулканитов выделяются минеральные типы месторождений. С вулканизмом калиевого ряда связаны месторождения серебро-свинцово-цинкового минерального типа (Нойон-Тологой, Талман, Кодак), а кали-натрового – золото-серебро-полиметаллические (Ново-Широкинское, Чашинское и др.). Минеральный состав руд характеризуется большим разнообразием. Выделяются следующие минеральные типы руд, обуславливающие вертикальную зональность рудных залежей: галенитовый, галенит-сфалеритовый, сфалерит-пиритовый, пирит-арсенопирит-галенит-сфалеритовый с сульфосолями свинца и серебра, арсенопирит-пиритовый. Главными рудными минералами являются: пирит, сфалерит, галенит; второстепенными и редкими – буланжерит, джемсонит, арсенопирит, тетраэдрит, марказит, халькопирит, бурнонит, касситерит и самородные серебро, висмут и золото, молибденит, станин, киноварь.

Месторождения в осадочных толщах (SEDEX). Формационный тип – свинцово-цинково-колчеданный в терригенно-карбонатных породах – Приаргунский (Нерчинско-Заводской). Руды приурочены к вулканогенно-карбонатно-терригенной формации венда-нижнего кембрия, которая подразделяется на две субформации: нижнюю – углеродисто-карбонатно-терригенную (V), и верхнюю – углеродисто-терригенно-карбонатную (C_{1-2}).

Углеродисто-карбонатно-терригенная субформация сложена углеродисто-глинистыми, кварцево-слюдистыми алевролитами, метаморфизованными песчаниками и алевролитами или ритмичной пачкой, состоящей из чередования терригенных и карбонатных отложений. Углеродисто-терригенно-карбонатная субформация является наиболее продуктивной для оруденения, сосредоточив в себе более 90% запасов свинца и цинка месторождений Приаргунского типа, и представлена переслаивающимися пачками водорослевых и кремнистых доломитов и

хемогенных известняков с прослоями глинистых сланцев и алевролитов, линзами осадочных карбонатных брекчий, реже – конгломератов.

В пределах формации выделяются минеральные типы месторождений – существенно цинковый, существенно свинцовый и свинцово-цинковый, образующие вертикально-латеральные ряды, связанные с фациальными особенностями рудовмещающего разреза. Углеродисто-карбонатно-терригенная субформация включает в себя существенно цинковый тип с соотношением $Pb:Zn=1,0:(2,2-4,0)$. Эталонными являются месторождения Савинское 5 и Ивановское. В рудоносной части разреза Савинского 5 принимает участие углеродистая известково-алевролитовая толща, на флангах наблюдается сокращение углеродистой составляющей. Оруденение Ивановского месторождения приурочено к карбонатно-сланцевым породам толщи. В различных рудных районах присутствуют более мелкие месторождения и рудопроявления свинцово-цинкового типа (Кличкинское и др.).

В углеродисто-терригенно-карбонатной субформации выделяются два преобладающих минеральных типа: существенно свинцовый и свинцово-цинковый. В разных рудных районах существенно свинцовый тип (Кадаинское, Акатуевское и др.) с соотношением $Pb:Zn=(2,0-13,0):1,0$ локализуется в породах нижнего кембрия и преобладает над месторождениями и рудопроявлениями свинцово-цинкового типа (Покровское и др.). Месторождения данного типа характеризуются высокими содержаниями золота и серебра. Наиболее богатыми объектами являются Акатуевское (Au: 2–2,5 г/т; Ag: 243 г/т) и Ируновское (Au: 1,03 г/т, Ag: 182,8 г/т). Выше по разрезу субформации выделяется свинцово-цинковый тип с примерно равным содержанием свинца и цинка (Михайловское, Воздвиженское и др.). В отличие от вышеупомянутых минеральных типов, свинцово-цинковый имеет повсеместное распространение в вертикально-латеральном ряду. Характерной чертой данного типа является высокое содержание серебра (в среднем 120 г/т).

По составу руд месторождения являются типичными серебро-свинцово-цинковыми. Кроме основных компонентов, в рудах отмечаются примеси ряда элементов, промышленное значение из которых имеют серебро, сурьма, кадмий.

Рудные тела стратиформных месторождений Приаргунского типа сформированы в два этапа: гидротермально-осадочный и метаморфогенный. Механизм образования средне-позднеюрских стратифицированных рудных тел месторождений Нойон-Толойского типа принципиально иной. Формирование полиметаллических месторождений этого типа преимущественно происходило в субмаринных малоглубинных обстановках по модели придонного отложения рудных залежей путем метасоматоза и выполнения полостей отслоения слабо литифицированных осадков.

**Старостин И.А., Авилова О.В., Андреев А.В., Гирфанов М.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО
РУДОПРОЯВЛЕНИЯ КЫЗЫК-ЧАДР (РЕСПУБЛИКА ТЫВА)**

Золотосодержащее молибден-медно-порфировое рудопроявление Кызык-Чадр располагается в пределах Кызыкчадрского рудного узла (Республики Тыва), отвечающего южной части полиформационного Ожинского интрузивного массива среднекембрийского возраста. Участок рудопроявления сложен интрузивными породами полифазного габбро-диорит-гранодиорит-гранитного кызыкчадрского комплекса, прорывающего дислоцированные вулканогенно-терригенные отложения венда-раннего кембрия. Рудопроявление приурочено к линейно вытянутому крутопадающему пластинообразному телу гранодиорит-порфиоров и кварцевых диоритовых порфиритов поздней фазы внедрения рудоносного комплекса, прорывающему фанеритовые гранитоиды его основной фазы. Минерализованная зона рудопроявления представляет собой штокверк кварц-сульфидных прожилков, сопровождающихся сульфидной вкрапленностью и интенсивными метасоматическими преобразованиями вмещающих пород.

Золотосодержащая молибден-медно-порфировая минерализация локализована в эндо-экзоконтактных частях сложно построенного «порфирового интрузива». Конформная последнему крутопадающая (80°), лентовидная в плане рудная зона протягивается в субширотном направлении на расстояние около 1,7 км при ширине до 150–200 м. На глубину оруденение прослежено бурением до 500 м, в ряде случаев без признаков выклинивания.

Рудно-метасоматическая зональность определяется сменой от центра к периферии генерализованных зон метасоматических изменений: калиевой, филлизитовой и пропилитовой, со сменой типов рудной минерализации от редуцированной магнетит-борнит-халькопиритовой и молибденит-пирит-халькопиритовой до существенно пиритовой на флангах.

Калиевая зона изменений проявлена калишпатизацией, окварцеванием и хлоритизацией вмещающих пород. Изменения сопровождаются вкрапленно-гнездово-прожилковой молибденит-пирит-халькопиритовой минерализацией, иногда с магнетитом и борнитом; спорадически отмечается самородное золото. Средние содержания меди в этой зоне составляют 0,2–0,6%, молибдена 0,005–0,02% (редко до 0,08%), золота – 0,1–0,6 г/т (до первых г/т в отдельных интервалах). Ширина калиевой зоны не превышает первых десятков метров.

Филлизитовые изменения проявлены окварцеванием и серицитизацией (участками – альбитизацией и карбонатизацией) средней-сильной степени, усиливаясь по направлению к осевым трещинным структурам. Во внутренней части ореола филлизитов проявлен пирит-молибденит-халькопиритовый тип рудной минерализации, формирующей основной объем руд. Содержания меди здесь составляют 0,1–0,3%, молибдена 0,001–0,01%, золота до 0,1 г/т. Филлизитовая зона доминирует в пределах рудопроявления, ее ширина может достигать несколько сотен метров.

Во внешних частях филлизитовой зоны установлен широкий ореол существенно пиритовой (3–5% и более) прожилково-вкрапленной минерализации, изредка присутствуют молибденит и халькопирит. Содержания меди здесь редко достигают 0,1%, иногда присутствует золото в количестве до первых г/т.

Пропилитовые изменения (хлорит, эпидот, альбит, карбонат, иногда серицит) развиты на периферии минерализованной зоны рудопроявления, охватывая различные вмещающие интрузивные и вулканогенно-осадочные породы, сопровождаются убогой вкрапленностью пирита.

Таким образом, установленные особенности состава и зональности рудно-метасоматического ореола рудопроявления Кызык-Чадр вполне отвечают типовой модели меднопорфирового месторождения.

**Стороженко А.А., Васильев Н.Ф., Дмитриев Г.А., Юрмазов Д.Н,
Москалев В.А., Касикова Т.И., Меринов С.А., Ахмедов Н.А., Курбатова Н.С.
(АО «Сибирское ПГО», АО «Росгео»)**

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СУХОПИТСКОГО
ПРОЯВЛЕНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)**

Сухопитское проявление свинцово-цинковых руд выявлено в 90-х годах XX века геологами Ангарской экспедиции. В результате поисковых работ, проводимых в 2017–2019 гг. АО «Сибирское ПГО» здесь установлено наличие крупного перспективного объекта, заслуживающего постановки оценочных работ.

В районе проявления развиты породы иончихинской толщи позднерифейской орловской серии, слагающие осложненную складками моноклинал с падением крыльев под углами 60–80°. Свинцово-цинковые руды приурочены к пачке (150–200 м) сероцветных доломитов, подстилаемых зелеными кварц-хлорит-серицитовыми сланцами и перекрытых черными кварц-серицит-карбонат-углеродистыми сланцами. Вблизи рудной зоны выявлено крупное субвулканическое тело метариолитов, развиты дайки метариолитов. Породы серии формировались на активной окраине Сибирского континента (предполагаемый радиологический возраст пород 830–840 Ма). Рудовмещающая структура с СЗ и ЮВ ограничена аллохтонными пластинами пород сухопитской серии.

На участке пробурено 10 скважин, которыми вскрыто от 2 до 7 рудных тел истинной мощностью 1,5–29,5 м с содержанием свинца 0,01–20,0% (среднее по телам ~1%), цинка 0,2–31,99% (среднее по телам ~5%). Рудные тела образуют две разобщенные зоны (юго-восточную и северо-западную), предполагаемой протяженностью по 2000 м. Руды массивные, иногда брекчиевые, гнездово-прожилковые, прожилково-вкрапленные, сложены сингенетичным пиритом и гидротермально-метасоматическими – пиритом, сфалеритом, галенитом, с вкрапленниками единичных зерен марказита, халькопирита, арсенопирита, блеклых руд, изредка магнетита. Повсеместно в рудах повышено содержание серебра (1–155 г/т) и кадмия (0,002–0,014%), содержание меди не превышает 0,008%. Околорудные метасоматические изменения пород выражены в окремнении и анкеритизации рудовмещающих доломитов.

По предварительной прогнозно-поисковой модели свинцово-цинковые руды Сухопитского проявления формировались в позднерифейское время в рифтогенной структуре на активной окраине континента. Оруденение имеет признаки эпигенетического рудоотложения и может быть отнесено к объектам типа – SEDEX, наряду с этим, здесь проявлены признаки месторождений гидротермально-метасоматического генезиса – MVT-типа (отсутствуют тонкопосчатые текстуры руд, характерные для объектов SEDEX). Руды, вероятно, генетически связаны с телами субвулканических риолитов, гидротермальная система могла контролироваться рифтогенными разломами.

На Енисейском кряже известны, но слабо изучены проявления: Большепитское и Верхневогровское, заслуживающие постановки поисковых работ.

Сучков А.В. (ФГБУ «ВИМС»), Выдрич Д.Е (ФГБУ «ВИМС»)
ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ
С ЗОЛОТОМ И ВАНАДИЕМ В УГЛЕРОДИСТО-КРЕМНИСТЫХ СЛАНЦАХ
СЕЙБИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ВОСТОЧНЫЕ САЯНЫ)

Сейбинский рудный узел с золото-молибденовой специализацией находится в Сисимском рудно-россыпном районе Сисимо-Дивногорской золото-молибден-полиметаллической минерогенической зоны Алтае-Саянской минерогенической провинции.

По результатам поисковых работ, проведенных Сибирским ПГО в 2015-2017 гг., здесь прогнозируется новый для Сисимского рудно-россыпного района геолого-промышленный тип молибденового оруденения – стратиформный молибденовой рудной формации с золотом и ванадием в углеродисто-кремнистых сланцах.

Сейбинский рудный узел представляет собой геологический блок в области сопряжения мощной зоны Восточно-Саянского глубинного разлома северо-западного простирания и серии оперяющих ее разломов северо-восточного направления. Рудовмещающими образованиями являются карбонатно-вулканогенно-терригенного углеродсодержащие породы (лысанская и манская свиты, R_3), прорванные штоками гранитоидов беллыкского (О) и дайками габброидов лысанского (R_3) интрузивных комплексов. Молибденовая минерализация тяготеет к зонам расланцевания, милонитизации, катаклаза, участкам дробления и брекчирования.

Размещение потенциальных рудных зон определяется литолого-стратиграфическими, структурно-тектоническими, метасоматическими, геохимическими и минералогическими факторами. Главными элементами прогнозно-поисковой модели являются: позиция оруденения относительно определенного стратиграфического уровня и литологический контроль, формационная принадлежность и положение в разрезе; структурно-тектонический контроль оруденения; характер метаморфизма и гидротермальных преобразований вмещающих пород; морфологические типы рудных тел и их размеры (стратиформные минерализованные зоны, линзы и др.); рудная, минеральная и геохимическая зональности; соотношение метаморфических и метасоматических преобразований вмещающих пород и выявленной зональности; геохимические и геофизические характеристики на разных уровнях эрозионного среза оруденения.

По результатам анализа и интерпретации геохимических данных, выполненных ФГБУ «ВИМС», при заверке вторичных геохимических аномалий первичными ореолами в пределах Сейбинского рудного узла установлена комплексность состава рудно-формационного ряда элементов (Mo, V, Cd, Zn, Cu, Cr, W, Ni, Ag, Pb), относительно невысокие значения коэффициентов вариации, тесная корреляционно-парагенетическая связь молибдена с ванадием, никелем, хромом, цинком. В северной части Сейбинской площади установлена зональность первичных ореолов с запада на восток: (Zn, Ni, Co, Ti, Sn, Be) – (W, Bi, As, Mn, Ba, Sr,) – (Mo, V, Ag, Li, Zn, Cd, Au) – (Bi, Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Ti). Всё это позволило отнести выявленную минерализацию к проявлениям стратиформной молибден-ванадиевой формации с золотом.

Аналогом подобного типа являются стратиформные рудные залежи в черных сланцах месторождений Китая (Tianba), США (Пенсильвания) и Польши (Мышков) с высокими содержаниями молибдена (до первых процентов), никеля и других элементов. В перспективе возможно выявление подобных месторождений на территории РФ.

Татарко Н.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
КОЛЧЕДАНОНОСНЫЕ УРОВНИ СИБАЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИХ РУДНОГО ПОТЕНЦИАЛА
(РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

Сибайское рудное поле изучается с начала прошлого века и по настоящее время. За этот период здесь было открыто пять месторождений, из которых крупным является известное Сибайское месторождение. Несмотря на высокую изученность площади прогнозный потенциал структуры остается высоким, что подтверждается вскрытием на глубоких горизонтах около 10 рудопроявлений, которые пока не перерастают в месторождения. Но как показывает длительный опыт открытий в пределах рудного поля, что они наступают только тогда, когда происходит совершенствование методики поисковых работ. В этом плане показателен последний опыт, когда после открытия месторождения Нижняя залежь в 1984 году, длительное время не происходило новых открытий и стало появляться мнение, что рудный потенциал структуры исчерпан. В связи с этим в 1996–1997 гг. автор был вынужден создать модель Сибайского рудного поля с выделением и количественной оценкой двух уровней оруденения, сопряженных с кислыми толщами карамалыташской свиты среднедевонского возраста.

В разрезе Сибайской структуры выявлено пять осадочно-вулканогенных толщ (снизу вверх): базальтовая, дацитовая (нижняя), базальтовая, риолито-дацитовая (верхняя) и базальт-андезит-базальтовая толща, перекрывающая нижерасположенные породы. Выявленные месторождения залегают в риолито-дацитовой, а рудопроявления – в дацитовой толщах. Рудовмещающие отложения характеризуются большим разнообразием литологических разновидностей кислых пород с резкой изменчивостью мощностей: до 500 м для верхней и от 100 до 750 м для нижней толщ. Рудные тела размещаются в пределах депрессионных структур и сопровождаются околорудными гидротермально-метасоматическими изменениями пород.

Верхний уровень оруденения вскрывается на поверхности в центральной части рудного поля и распространен до глубины 500 м с учетом падения в северном и восточном направлениях и мощности перекрывающих пород. Уровень характеризуется высокой степенью изученности. К нему приурочены все известные месторождения. Поэтому для обоснования продолжения поисковых работ был оценен в целом прогнозный потенциал уровня распространения риолито-дацитовой толщи, который составил 1 800 тыс. т меди, при этом количество уже разведанных запасов, поставленных на баланс составило 1 480 тыс. т меди. Остаточные прогнозные ресурсы составили 320 тыс. т и рассматривались нами как предпосылки для обнаружения новых месторождений. По результатам анализа были выделены Камаганский и Северо-Сибайский перспективные участки, на которых обоснованы и утверждены прогнозные ресурсы меди по категории P_1 в количестве 150 тыс. т и 80 тыс. т. соответственно. В дальнейшем на этих ресурсах были выявлены Камаганское и Северо-Сибайское месторождения, запасы по которым были утверждены в ГКЗ в 2005 и 2019 годах соответственно.

Нижний уровень оруденения вскрывается на современном эрозионном срезе в южной части рудного поля и распространен до глубины 1 000 м с учетом падения в северном и восточном направлениях и мощности перекрывающих пород. Вследствие больших глубин он вскрывается отдельными глубокими скважинами. Вскрытые рудные пересечения по мощности составляют до 10 м прожилково-вкрапленных медных и цинковых руд, а также сплошных серноколчеданных руд, что отражает мощности отдельных рудных тел выявленных месторождений. Средние содержания меди составляют около 2%, причем содержания растут с глубиной, а средние содержания цинка около 2,5%, что характерно в целом выявленным месторождениям.

Прогнозные ресурсы меди были определены с учетом площади распространения дацитовых толщ (по аналогии с верхним уровнем) и составили 1700 тыс. т. Это позволило рекомендовать здесь перспективный объект для поисков «Сибай-Карышкинскую площадь».

**Тучина М.В., Алексеев Я.В., Ермакова Ю.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
МЕДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА**

МСБ меди Урала имеет общероссийское значение. На территории рассматриваемого региона учтены 68 месторождений с запасами меди, из них 57 собственно медные. Балансовые запасы региона на 01.01.2018 г. – 20 690,5 тыс. т, что составляет 21% от общероссийских. Они располагаются в южной части Урала – Республике Башкортостан, Оренбургской и Челябинской областях, а также на среднем Урале – в Свердловской области. Переданы в освоение 41 месторождение, содержащие 87% запасов региона. Нераспределенный фонд недр не представляет интереса для недропользователей, в нем учтены в основном мелкие объекты (за исключением среднего по запасам Комсомольского), либо остаточные запасы ранее отработанных месторождений.

Традиционно главным источником сырья для медедобывающих предприятий являются медноколчеданные (МК) месторождения. На 01.01.2018 г. балансовые запасы этого типа руд учтены в 49 месторождениях и составляют 13 301,6 тыс. т (64,3% от всех запасов региона). Добыча составляет 279 тыс. т (77% от региона). По отношению к уровню 2005 г. запасы уменьшились на 13% в Республике Башкортостан и Свердловской области, на 22% в Оренбургской области. Это связано с истощением сырьевой базы МК объектов, ухудшением ее качества, исчерпанием запасов пригодных для открытой отработки. Так, за рассматриваемый период с открытого на более затратный подземный способ с понижением производительности перешли рудники на месторождениях Юбилейное, Сафьяновское, Джусинское, Камаганское, Тарньерское; готовится к переходу на подземную добычу рудник на Западно–Озерном месторождении. Прекращена добыча ввиду полной отработки запасов на Александринском, Шемурском, Молодежном, Летнем месторождениях. В ближайшие 5 лет запасы будут исчерпаны на Левобережном, Осеннем, Талганском и Учалинском месторождениях. Приросты запасов незначительны и не обеспечивают воспроизводства, покрывая накопленное погашение в недрах за десятилетний период только на 20%.

В последние годы значимую роль на Урале стали играть месторождения медно-порфирового (МП) типа. Ранее они не представляли промышленного интереса на фоне расположенных рядом более богатых МК объектов, а также крупных разведанных месторождений (в том числе МП) в Казахской и Узбекской ССР. На Урале за последнее десятилетие были поставлены на учет Михеевское и Томинское месторождения, с чем и связано увеличение запасов более чем в 2 раза, а добычи в 1,7 раза в Челябинской области. Балансовые запасы учтены на трёх объектах и составляют 4864 тыс. т (23,5% от региона), добыча ведется пока только на Михеевском месторождении (в 2017 г. – 73,1 тыс. т).

В 2017 г. суммарная добыча в регионе составила 364 тыс. т металла, что на 46% больше, чем в 2005 г. и составляет 43% от общероссийской. Разработку, обогащение и дальнейший металлургический передел осуществляют два крупных холдинга ООО «УГМК-Холдинг» (70% добычи меди в регионе) и АО «РМК» (29 %), наибольший объем добычи обеспечивают: 29% – ПАО «Гайский ГОК», 17% – АО «Учалинский ГОК», 20% – ЗАО «Михеевский ГОК». По 4–6% вносят ЗАО «Ормет», Александринская ГРК, ЗАО «Шемур», АО «Сафьяновская

медь», ООО «Башкирская медь», АО «Сибайский ГОК. При условии реализации крупных горнорудных проектов по увеличению производительности разрабатываемых, а также запуску подготавливаемых к освоению месторождений (2 очередь Михеевского ГОКа, Томинский ГОК и освоение группы Подольских месторождений), добыча меди на Урале к 2035 г. может увеличиться на 45% до 530 тыс. т в год. На первые позиции выйдут МП объекты, разрабатываемые АО «РМК». Несколько снизится, но останется одной из ведущих роль Гайского ГОКа. В первую пятерку также будет входить АО «Учалинский ГОК» и ООО «Башкирская медь». Обеспеченность этих предприятий запасами разрабатываемых месторождений широко варьирует, но в целом, является удовлетворительной на период порядка 15 лет (до 2035 г.). Такой лаг обеспечивает выявление и подготовку новых месторождений, безусловно, с выделением соответствующих инвестиций заинтересованными горнорудными компаниями.

Прогнозные ресурсы (ПР) региона на 01.01.2018 г. составляют: кат. P_1 – 5324 тыс. т, P_2 – 8845 тыс. т, P_3 – 10 178 тыс. т. В 2016–2017 гг. по результатам поисковых работ на учёт поставлены ПР кат. P_3 МП типа Вознесенского, Узункулевского, Биргильдинско-Томинского, Зеленодольского, Кособродского, Новониколаевского и Еленовского рудных районов в общем количестве 6400 тыс. т; рудопроявления Зеленый Дол и Салаватское с суммарными ПР кат. P_1 – 1585 тыс. т., МК рудопроявление Новопетровское с ПР кат. P_1 – 400 тыс. т., что позволяет прогнозировать выявление в будущем средних по запасам месторождений, которые смогут стать резервной базой медных предприятий Урала.

Филатова Л.К., Филатов Е.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
КРЕМНЕКИСЛЫЕ ВУЛКАНИТЫ КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ
ФОРМАЦИЙ ФАНЕРОЗОЯ

Кремнекислые вулканиды являются неотъемлемой составной частью колчеданосных островодужных и окраинно-морских вулканогенных формаций фанерозоя, вмещающих медно-колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения.

Эффективность использования петрогенетической и геохимической специализации островодужных вулканогенных формаций хорошо проиллюстрирована на примере эталонной для металлогенических зон рудноалтайского типа девонской базальт-риолитовой формации Рудного Алтая. Колчеданно-полиметаллические месторождения здесь приурочены к ареалам развития этой формации и не выходят за её пределы как по латерали, так и по вертикали. Каждая субформация рудоносной формации характеризуется своим вариантом петрогеохимической и металлогенической специализации. Минеральный состав руд месторождений зависит от содержаний в рудовмещающих вулканидах щелочных металлов. С увеличением калия в рудовмещающих породах, прямо пропорционально увеличивается отношение содержаний свинца и меди в рудах.

Кремнекислые вулканиды по степени газонасыщенности исходных расплавов подразделяются на два типа: производные высокотемпературной «сухой» вязкой магмы, обеднённой летучими компонентами и производные флюидизированной подвижной магмы остаточных расплавов-рассолов, обогащённой летучими компонентами, ведущая роль среди которых отводится воде и фтору. Наиболее важна и интересна группа вулканидов второго типа, отвечающая по всей совокупности петрографических и геологических признаков игнимбрикам. Почти идентичные по химическому составу вулканиды обоих типов значительно отличаются по петрографическим признакам, что связано с составом летучих компонентов исходных магм и режимом

их отделения от расплавов. Породы этой группы (игнибриты) распространены значительно шире, чем кислые вулканиды, производные вязких магм.

Кремнекислые вулканиды формации относятся к пересыщенным кремнезёмом, обеднённым кальцием, титаном, глинозёмом (газонасыщенные - к тому же обогащены магнием и железом). По этим параметрам рассматриваемые вулканиды уступают недосыщенным этими окислами риолитам контрастных формаций колчеданосных районов уральского типа. От них они также отличаются повышенным содержанием среди щелочей калия и пониженным натрия, что сближает их с риолитами краевых вулканических поясов.

В разрезе контрастной формации отсутствуют вулканические породы промежуточного состава между кислыми и основными членами формации. Однако, нередко интенсивная хлоритизация кислых стёкол в игнибритах и присутствие в них фенокристаллов оливина и пироксенов зачастую служило основанием для отнесения данных кремнекислых вулканидов к породам повышенной основности (главным образом – андезитам).

Замечено, что рудная минерализация обнаруживает пространственную приуроченность к площадям развития игнибритов, характеризующихся повышенной степенью хлоритизации или серицитизации вулканического стекла. Последняя связана с диагенетической аллохимической девитрификацией, происходящей в газонасыщенных перлитовых стеклах, восприимчивых к реакциям замещения, и указывает на связь вулканических растворов, преобразовавших данные вулканиды, с рудным процессом.

Многофазовые первично-магматические включения остаточных расплавов-рассолов, содержащиеся во вкрапленниках кварца ($T_{\text{гом.}} - 560-650^{\circ}\text{C}$), имеющие в твердой фазе хлориды натрия и калия, а также черно-бурую рудную фазу, вероятно, представляют собой экстрагированное рудное вещество, содержащееся в водно-солевом хлоридном флюиде. Аналогичные компоненты имеют место в более поздних гидротермальных газово-жидких включениях (ГЖВ) с твердой фазой ($T_{\text{гом.}} - 400^{\circ}\text{C}$). Подобные ГЖВ могут рассматриваться в качестве продукта эволюции эндогенного флюида. Такие, богатые хлоридами растворы приближаются по составу к минерализованным (Г.Тейлор, 1976) и образуются, как это показал А. А. Маракушев [1], в конечные этапы кристаллизации силикатного расплава при относительно малых глубинах (4–5 км).

**Хачатуров М.М., Зайцева М.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ
АНГАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА**

Рудные объекты Ангарского рудного района относятся к трем рудноформационным типам: колчеданосодержащему цинково-свинцовому в кремнисто-карбонатных комплексах (эталонное Горевское месторождение), свинцово-цинковому стратиформному в карбонатных комплексах (Морянихинское месторождение) и колчеданно-полиметаллическому в углеродисто-терригенных комплексах (Линейное месторождение).

Рудовмещающие отложения Горевского месторождения характеризуются пестрым составом слагающих их разностей пород и представлены: сидеритами (50%), кремнистыми сидеритами (30%), силицитами (5%), доломитами, аргиллитами и алевролитами, мергелями, присутствуют также карбонатные гравелиты и гравелито-брекчии. Среди кремнисто-сидеритовых пород в зависимости от соотношения кремнистой и сидеритовой составляющей выделяются три разновидности: 1) сидериты ($\text{SiO}_2 < 40\%$) (сидериты по Х.Вильямсу и др., 1985); 2) кремнистые сидериты ($\text{SiO}_2 = \text{FeCO}_3$); 3) силициты ($\text{SiO}_2 > 60\%$). На диаграммах FeO-MgO и CaO-MgO эти породы характеризуются содержаниями: CaO = 8%, MgO = 8%, FeO = 30–40% – сидериты;

CaO = 10%, MgO = 10%, FeO = 17–30% - кремнистые сидериты; CaO = 5%, MgO = 5%, FeO = 13–20% – сидеритсодержащие силициты и силициты. Следует отметить, что выделенные разновидности имеют постепенные переходы между собой.

Разрез рудовмещающих отложений месторождения Линейное представлен снизу-вверх:

- карбонатными и карбонатсодержащими кварц-серицитовыми сланцами по алевролитам, которые обогащены углеродистым веществом, с единичными прослоями сидементационно-диагенетических силицитов. Карбонатная составляющая пород представлена кальцитом с содержанием CaO от 10 до 16% и доломитом (MgO до 3%). Сланцы характеризуются повышенным содержанием MnO (до 4,5%) и P₂O₅ (до 0,4%). Среднее содержание C_{орг} – 9,2%.

- метатуфами и метатуффитами интенсивно метаморфизованными и превращенными в сланцеподобные породы с прослоями углеродистых, углеродисто-кремнистых сланцев и силицитов. Вулканогенные породы относятся к непрерывной формации с содержанием SiO₂ от 47 до 77%, существенно калиевые K₂O/Na₂O = 2,1÷4,9. Углисто-кремнистые сланцы и силициты в ряде случаев обогащены карбонатом с содержанием CaO от 7 до 22% и (или) MgO – от 3 до 8%;

- углеродисто-кремнистые некарбонатные или карбонатсодержащие кварц-серицитовые сланцы и доломитовые мергели. Кварц-серицитовые сланцы образованы за счет углеродисто-кремнистых алевролитов и содержат SiO₂ от 44 до 65% Al₂O₃ – от 10 до 16% C_{орг}. Карбонатсодержащие и карбонатные породы с содержанием CaO до 18%, MgO до 9,8%. Во всем рудовмещающем разрезе повсеместно присутствует пирит в виде рассеянной вкрапленности или линзочек, полосок и прожилков.

Рудовмещающая ассоциация литофаций Морянихинского месторождения разнообразна по составу слагающих ее пород. Выделяются следующие пачки (снизу-вверх): 1) гравелитов; 2) хемогенных железистых доломитов и известняков; 3) доломитовых и известняковых интракластов; 4) биогермно-биоострововая водорослевых железистых доломитов. Выше залегает пачка алеврито-глинистых, глинистых и алевролитовых сланцев, носящихся к трубидитам. Известняки, терригенно-известковистые породы характеризуются содержанием CaO от 38 до 54%, доломиты и терригенно-доломитовые породы – от 6 до 10,5% MgO при содержании CaO – 10–17%, в глинистых разностях пород концентрации FeO от 7 до 11%. При этом все составляющие рудовмещающего разреза как терригенные, так и карбонатные часто высоко кремнистые с содержанием SiO₂ – 21–59%.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Алексеев Я.В., Калита В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ СО СТРАНАМИ ЕАЭС (ТАМОЖЕННЫЙ СОЮЗ) В ОСВОЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МСБ АБЦМ

Сотрудничество России с другими странами ЕАЭС по данной теме осуществляется в двух направлениях: внешнеторговые операции с рудами и концентратами (РиК) и с продукцией их дальнейших переделов (ФТС); реализация совместных инвестиционных проектов.

В 2018 году, согласно предварительным данным, общий товарооборот между Россией и другими странами ЕАЭС по поставкам РиК цветных (Cu, Ni, Pb, Zn) и благородных металлов, а также продукции и изделий по номенклатуре АБЦМ, составил более 1258 млн. долларов. При этом, на долю экспорта пришлось 38,6%. По РиК единственным торговым партнёром РФ являлась Республика Казахстан; по операциям с продукцией АБЦМ ведущая роль принадлежала Республике Беларусь.

Казахстан – единственная страна ЕАЭС с которой Россия осуществляла торговлю РиК цветных и благородных металлов (809 млн. долл.). Главным образом, из Сибирского ФО РФ экспортировались РиК свинцовые и медные (120 млн. долл.), а из Дальневосточного ФО – РиК благородных металлов (171). Из Казахстана импортировались РиК медные (335) на заводы Свердловской и Челябинской областей, а также цинковые (153) на ОАО ЧЦЗ, которому принадлежит казахское горнодобывающее предприятие ТОО «Nova Цинк». По основным продуктам передела: экспорт Cu – изделия (25) и медь рафинированная (4); импорт: Cu, отходы лом медные (52) и медь нерафинированная (27), Pb – отходы лом свинцовые (2), Zn – цинк необработанный, включая сплавы (16).

Белоруссия – главный торговый партнёр России по изделиям и металлам номенклатуры АБЦМ с объёмом торговли 172 млн долл. Из РФ экспортировались в основном изделия из меди (119 млн долл.) и цинк необработанный, включая сплавы (13). Продуктами импорта были изделия из цинка (3), золото в необработанных формах (4), палладий необработанный или в виде порошка (1,4), алмазы неоправленные или незакреплённые (3,5) с «Гомельского ПО «Кристалл».

Торговля с Киргизией заключалась только в импорте из этой страны. В Россию ввозились отходы лом медные (58 млн. долл.) и свинцовые (6).

В Армении за счёт обработки российских алмазов в качестве давальческого сырья (9 млн. долл.), функционирует значительная часть ювелирной промышленности, – после огранки алмазы возвращаются в Россию, что фиксируется статистикой как их импорт (62 млн долл.).

Среди стран ЕАЭС лишь одна компания – с казахстанским участием, реализует инвестиционный проект на территории РФ. Группа KAZ Minerals PLC, зарегистрированная на фондовых биржах в Лондоне, Казахстане и Гонконге, сообщила о первоначальном завершении сделки по приобретению Баимской медно-порфировой площади в Чукотском АО, с входящим в неё крупным медно-порфировым (с золотом и серебром) месторождением Песчанка. Отработка месторождения возможна открытым способом. Капитальные затраты на строительство рудника оцениваются в 5,5 млрд долларов и будут уточнены при подготовке ТЭО, результаты которого предполагается объявить в первой половине 2020 года. Ежегодное производство в первые десять лет операционной деятельности ожидается на уровне 250 тыс. т меди и 12,4 т золота, при сроке жизни рудника около 25 лет. Объект находится в пределах ТОР «Беринговский».

Конъюнктура мирового рынка и степень развитости обрабатывающих производств АБЦМ, а также географический фактор (для Рик), являются определяющими условиями в сфере выбора направлений торговли и инвестиций стран ЕАЭС при их сотрудничестве с Россией.

Анисимова А.Б. (ФГБУ «Росгеолфонд»)
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАДАСТР МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ КАК ЕДИНЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ
О ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСАХ

Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 03.08.2018) «О недрах» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019) является главным нормативно-правовым актом, регулирующим отношения, возникающие в области геологического изучения и использования недр Российской Федерации.

Статьями 29, 31 и 32 закона «О недрах» регламентируются отношения в части движения и учета запасов полезных ископаемых. При этом определение понятия «прогнозные ресурсы», как категории оценки минерально-сырьевой базы страны, в ныне существующей нормативно-правовой базе отсутствует.

Распоряжением Правительства РФ 22.12.2018 года была утверждена «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года» (утв. 22.12.2018 г.). Документ данного формата уже не один десяток лет является основой «для формирования и реализации государственной политики в области геологического изучения недр, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы на федеральном и региональном уровнях, а также для разработки государственных программ Российской Федерации». Помимо традиционных векторов развития сырьевого обеспечения страны, в программе особо обозначено освоение Арктики и вопросы комплексной программы привлечения недропользователей. Учитывая сложившиеся тенденции в оценках и пополнении минерально-сырьевого потенциала, а именно масштабное вовлечение прогнозные ресурсы, в «Стратегии...» обозначена необходимость «установления порядка проведения многоуровневой оценки прогнозных ресурсов полезных ископаемых распределенного и нераспределенного фонда недр».

Приказом Миприроды России № 512 от 12.10.2018 г. внесен ряд изменений в «Порядок рассмотрения заявок на получение права пользования недрами для геологического изучения недр (за исключением недр на участках недр федерального значения и участках недр месторождения значения)» (утв. Приказом Минприроды России от 10 ноября 2016 г. № 583). Кроме уточнений и дополнений по различным пунктам приказа №583, в приказе № 512 для углеводородного сырья отражена возможность получать в пользование по «заявительному принципу» участки недр, содержащие прогнозные ресурсы УВС. В части лицензирования всех видов полезных ископаемых, приказ № 512 четко обозначает единый источник информации по прогнозным ресурсам, а именно в пункт 1.8 приказа № 583 внесены следующие поправки: «данные о наличии прогнозных ресурсов полезных ископаемых определяются на дату подачи заявки на получение права пользования недрами на основании сведений государственного кадастра месторождений и проявлений».

Таким образом, вся оценка прогнозных ресурсов на различных уровнях ее осуществления, должна оперативно отражаться в Государственном кадастре месторождений и проявлений. Крайне остро этот вопрос касается твердых и твердых горючих полезных ископаемых. Данное изменение потребует от профильных организаций, курирующих вопросы апробации для этих видов полезных ископаемых (ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ЦНИГРИ», ФГБУ «ИМГРЭ») и осуществляющих учет прогнозных ресурсов (ФГБУ «Росгеолфонд»), а также территориальных

органов Роснедр, с привлечением территориальных фондов геологической информации, предусмотреть своевременное составление паспортов по вновь апробируемым объектам, а также совместными силами актуализировать массив информации на основе уже имеющихся протоколов различных уровней апробации.

**Антонец А.В., Вахрушев А.М., Муравьев В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО ПРИВЯЗАННОЙ СХЕМЫ
ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РФ
В ГИС-ФОРМАТЕ**

Для обеспечения текущих потребностей сотрудников организации в пространственных данных, необходимых для выполнения работ по Государственному заданию, а также работ, связанных с формированием картографических материалов, постоянно востребована информация об объектах инфраструктуры субъектов Российской Федерации.

Одним из важнейших инфраструктурных элементов является энергетическая подсистема, корректная информация об объектах которой позволяет делать выводы о степени энергообеспеченности территорий и горнорудных районов. Однако, существующие отраслевые ресурсы содержат сведения, лишь весьма условно отражающие положение генерирующих и передающих объектов электроэнергетического комплекса на местности.

Для формирования набора пространственных объектов электроэнергетики РФ были проанализированы документы Минэнерго Российской Федерации в области программы развития единой энергетической системы (ЕЭС) за различные годы, включающие в себя карты-схемы размещения линий электропередач (ЛЭП), подстанций напряжением 220 кВ (в отдельных случаях и 110 кВ) и выше и электростанций объединенной энергетической системы (ОЭС) по федеральным округам и отдельно выделенным регионам. На содержащихся в этих документах картах-схемах объекты ОЭС размещены условно, без точной координатной привязки к местности, схематично, с отдельными картоврезками без соблюдения масштаба.

На первом этапе сбора и анализа информации был составлен реестр генерирующих и распределяющих объектов, таких как электростанции, подстанции, электропереключающие пункты, распределительные устройства, по приведенным в документах ЕЭС сведениям, в табличном виде, с заполнением необходимой информации по атрибутам. На следующем этапе были получены действительные координаты вышеуказанных объектов на основе анализа пространственной информации из различных источников (открытые данные, онлайн-карты, Wikimapia, иные ресурсы, содержащие сведения о пространственном положении объектов на местности). В результате были сформированы слои пространственно-атрибутивных данных, корректно отображающиеся на местности. Линейный слой ЛЭП был по большей части сформирован на основе данных OpenStreetMap (OSM) – некоммерческого веб-картографического проекта, а также доступных спутниковых изображений. Данные OSM были проанализированы и приведены в соответствие с информацией из документов Минэнерго. Планируемые объекты энергетической инфраструктуры созданы в соответствии с координатами стройплощадок либо поставлены приблизительно в населенных пунктах, указанных в документах.

Информация о энергосистемах, которые не входят в ЕЭС России (например, Магаданская ЭС) была взята из открытых источников, в том числе официальных сайтов регионов и обработана по вышеупомянутому принципу.

Созданная схема отражает реальное пространственное положение существующих объектов энергосистемы России. Схема периодически актуализируется (по мере публикации

документов) в соответствии с текущим состоянием ее объектов и новыми схемами Минэнерго. Полученные данные используются сотрудниками института для формирования отчетных картографических материалов и для решения задач пространственно-экономического анализа.

Вахрушев А.М., Муравьев В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ (ГСК-2011)
ПРИ РАБОТАХ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ, ФОРМИРОВАНИИ ЕДИНОГО
ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА И ТРЕБОВАНИЙ К
ФУНКЦИОНАЛУ ГИС

С 1 января 2017 г. была введена новая государственная система координат 2011 года (ГСК-2011). Разработка и введение ГСК-2011 является этапом в развитии геодезического обеспечения РФ, в том числе и в области решения задачи совершенствования соответствия между национальной и глобальной системами координат. Основными документами, определяющими порядок ввода, сроки действия государственных систем координат, их параметры, а также методы преобразований координат и их приращений из одной системы в другую, являются: постановление Правительства РФ от 24 ноября 2016 г. № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы», ГОСТ 32453-2017 «Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек» и Приказ Росреестра от 23.03.2016 № П/134 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года».

На практике, при подготовке и проведении полевых (геологических) работ уже давно и активно применяются портативные спутниковые навигаторы для ориентирования на местности и получения координат. Внедрение ГСК-2011 как основной СК в данном случае видится весьма положительным. ГСК-2011 практически на порядок точнее по сравнению с СК-95 и на два порядка – по сравнению с СК-42. Развитие технологий и требования к оперативности получения пространственной информации определили переход от классических наземных измерений к методам определения с использованием спутниковых измерений и спутниковых геодезических сетей, и при переходе от WGS-84 (базовая для спутниковых навигаторов) к ГСК-2011 СКП линейных параметров трансформации может быть меньше погрешности получения самих координат с GPS-приемника.

Основу системы координат ГСК-2011 составляет ГГС, включающая ФАГС (~50 пунктов), ВГС (~300 пунктов), СГС-1 (~4500 пунктов), а также сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1–4 классов (~283 000 пунктов), что обеспечивает возможность использования в системе координат ГСК-2011 большого количества материалов, содержащих пространственные сведения, полученные ранее на основе традиционных методов и технологий.

Однако, вводу и использованию ГСК-2011 в геологической среде препятствуют такие факторы, как консервативность и обособленность отрасли в плане оформления результатов, ориентированность на СК-42, зачастую устаревшая и слабо актуализируемая нормативно-методическая база, отсутствие в имеющихся методических пособиях рекомендаций по использованию ГСК-2011, настройке оборудования, технологиях и алгоритмах преобразования координат, узкая поддержка ГСК-2011 со стороны как отечественного, так и иностранного ПО и ГИС.

Для преодоления такого рода препятствий в первую очередь необходимо провести ряд мероприятий по совершенствованию нормативно-методического и программно-аппаратного

обеспечения отрасли, включая создание регламента ввода в действие и использования ГСК-2011, установления требований по обязательному указанию используемой СК для картографических материалов и документов, определению целесообразности перевода существующих и применяемых цифровых основ в новую СК, а для отраслевых ИС и ресурсов – определение правил по вводу, хранению и получению пространственных данных. Эта нормативная база должна быть доступна всем заинтересованным субъектам. В связи с этим актуально организовать отраслевой ресурс с разделом методических руководств и сопутствующих программных средств, в том числе в виде «онлайн-сервисов» и создать отраслевую площадку мониторингового обсуждения и сбора информации об актуальных для отрасли законодательных инициативах и вопросах.

**Галямов А.Л., Волков А.В., Лобанов К.В. (ФГБУН «ИГЕМ РАН»)
ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ АРЕАЛОВ МАГМАТИЗМА И
ОРУДЕНЕНИЯ В АРКТИКЕ**

Магматизм в арктической зоне России наиболее широко проявлен в ее северо-восточной части, охватывая ареалы Чукотского, Олойского, Охотско-Чукотского поясов и на западе, где проявления протерозойского и вендского магматизма связаны со структурами Балтийского щита. Среди интрузивных пород в Арктической зоне России преобладают гранитоидные формации преимущественно кислого и среднего состава (по 2%). Ареалы гранитоидных интрузий от общей площади ареалов составляют (более 50% кислые и 62% средние), за ними следуют ареалы базит-ультрабазитовых интрузий (около 23%), и менее всего представлены щелочные и субщелочные гранитоиды (около 15%). По времени формирования они группируются в целом в архей-протерозойских (Балтийский и Анабарский щиты), рифей-фанерозойских (Полярный Урал и Таймыр) и мезозойских (Северо-Восток России) литосферных блоках различной металлогении.

1. Ареалы распространения интрузий распределены неравномерно, часто образуя совмещенные ассоциации. В Чукотском регионе такие ареалы размещаются преимущественно в осевой зоне Охотско-Чукотского пояса. Ареалы раннемеловых комплексов приурочены к участкам наиболее мощной литосферы Центральной и Восточной Чукотки. К одному из таких участков приурочен Танюрерский плутон в пограничной зоне Центрально-Чукотского сектора и Восточно-Чукотской зоны ОЧВП. Плутон имеет сложное строение и включает образования трех интрузивных комплексов раннего и позднего мела.

2. Структурные взаимоотношения интрузий в совмещенных ареалах указывают на существование несколько интрузивных фаз от габброидов до лейкогранитов. Большую часть плутона составляют среднезернистые гранодиориты. В породах массива часто встречаются меланократовые включения от гранодиоритов до габбро и монзонитов, что может указывать на захват глубинных ксенолитов основного состава или на смешение магм основного и кислого составов. По петрографическим и геохимическим особенностям породы плутона соответствуют гранитам I-типа, имеющих смешанный корово-мантийный источник магм. При этом выраженный Ta-Nb минимум и обогащение крупноионными литофильными элементами на спайдер-диаграммах указывают на связь Танюрерских гранитоидов с надсубдукционной обстановкой. В целом же геохимические характеристики плутона свидетельствуют о магматических источниках в верхней континентальной коре.

3. Формирование подобных очаговых областей связано с формированием тектоно-магматических структур, приуроченных к магмоподводящим каналам, и являющихся областями с

наиболее полным проявлением магматизма. По результатам суперкомпьютерного моделирования (Демина, 2018), показано, что на ранних стадиях континентальной коллизии в активных областях при формировании гранитов I- и S-типа происходит прогрев коры до высоких температур, сопровождающийся плавлением и проявлением магматизма. В некоторых случаях выявлено, что на поздних стадиях коллизии был возможен повторный разогрев коры. Этот прогрев, сопровождающийся плавлением и движением магм в большом объеме, мог происходить и без воздействия внешних источников (плюмов), обеспечивая существование активных каналов повторного продвижения разновозрастных продуктов гранитоидного магматизма.

4. Преобладающее количество рудных объектов, наоборот, тяготеет к моноареалам гранитоидов. Массовой приуроченности месторождений к таким очаговым областям не наблюдается, хотя имеются примеры нахождения крупных месторождений (месторождение Песчанка) в ареалах гетерогенных массивов гранитоидов (Егдэгкычский массив).

**Гирфанов М.М., Котельников Е.Е. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ УСПЕШНОСТИ
ВЕДУЩИХ ГОРНОРУДНЫХ КОМПАНИЙ**

Рассмотрены показатели деятельности ряда крупнейших в мире (по итогам 2017 года) компаний-производителей благородных металлов и алмазов: пяти золотодобывающих – Barrick Gold (Канада), Newmont (США), AngloGold Ashanti (ЮАР), Kinross Gold (Канада) и Goldcorp (Канада) с суммарными подтвержденными запасами (Proved + Probable) золота более 8,2 тыс. т (14,5% мировых запасов) и годовым производством золота около 620 т (19% мирового производства), пяти платинодобывающих – Anglo American Platinum Limited (Amplats) (ЮАР), Impala platinum (Implats) (ЮАР), Nor Nickel (Россия), Sibanye Stillwater (ЮАР) и Lonmin (Великобритания) с суммарными подтвержденными запасами около 13,6 тыс. т (20% мировых) и производством около 370 т (94% мирового) по сумме платиноидов, а также алмазодобывающими (De Beers, ALROSA, Rio-Tinto Diamonds, Debswana Diamond Company, Ltd. и Dominion Diamond Corporation) с производством по первым двум из них более 70 млн карат (около 47% мирового).

Сравнительная характеристика перечисленных компаний позволяет сформулировать ряд общих для них факторов, обеспечивающих им лидирующее положение на рынке производства благородных металлов и алмазов, к которым могут быть отнесены следующие.

- Юрисдикция крупнейших минерально-сырьевых держав мира (Россия, США, Канада, ЮАР, Великобритания, Австралия, а также КНР и Узбекистан) с исторически сложившейся МСБ и высочайшим технологическим уровнем горнорудной (в том числе геологоразведочной) отрасли.

- Сырьевая структура МСБ компаний с оптимальным соотношением прогнозных ресурсов (Inferred Resources), общих запасов (Indicated and Measured Resources) и подтвержденных запасов (Proved and Probable Reserves). Подтвержденные запасы всех компаний обеспечивают им добычу в текущих объемах на срок не менее 9 лет, а по большинству компаний – в течение 12–18 лет и более.

- Сосредоточение значительной части ресурсной базы в объектах-лидерах с запасами 200–300 тонн (до 1300 т) золота для золотодобывающих и более 1500 т по сумме платиноидов для платинодобывающих компаний, располагающихся в “базовых” районах компаний с месторождениями их традиционных типов.

-
- Стремление как к диверсификации по региональному направлению, так и к освоению новых типов месторождений в связи с постепенным истощением запасов богатых руд традиционных объектов и увеличением глубины отработки. Освоение месторождений крупнообъемных типов – золото-порфирового и золото-серебряных (“high sulfidation” и “low sulfidation”).
 - Тенденция диверсификации производства компаний по видам сырья. Большинство компаний-производителей благородных металлов расширяют свою МСБ за счет комплексных месторождений цветных металлов (медь, никель, полиметаллы).
 - Активная переработка отвалов и хвостов обогащения прошлых лет.
 - Проведение систематических геологоразведочных работ для воспроизводства МСБ на традиционных и новых территориях, в том числе оценка потенциала отвалов и хвостохранилищ.
 - Развитие технологий добычи и обогащения, позволяющих поддерживать себестоимость производимой продукции значительно ниже среднегодовой цены металлов.
 - Эффективное управление производством и планирование работ, обеспечивающие успешное положение на биржевом рынке акционерных компаний и конкурентоспособность частных компаний.
 - Контроль за выполнением социальных и экологических обязательств, обеспечивающий устойчивое развитие ведущих горнорудных компаний.

**Гонгальский Б.И., Волков А.В., Сафонов Ю.Г., Галямов А.Л. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»),
Тимашков А.Н. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Павлович Г.Д. (МГРИ-РГГРУ)
ЧАСТНО-ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА БАЗЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
КОДАРО-УДОКАНСКОГО ЦЕНТРА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

На севере Забайкальского края размещается уникальный рудный район с суперкрупными месторождениями Ag и Cu (Удоканское медистых песчаников), Fe, Ti, V, Cu, Au, Ag, Pt, Pd (Чинейский габброидный массив), Zr-Nb, REE (Катугинское гранит-метасоматических пород). Достаточно многочисленны менее изученные месторождения, относящиеся как к вышеперечисленным типам (Ункур, Красное, Правоингамакитское, Бурпала, Луктур) так и новым (U-REE Гудымовское Чинейского массива). Помимо этого, на границе с Якутией расположены месторождения железистых кварцитов Сулуматской группы Чаро-Токкинского железорудного района Якутии, к востоку от которых находится Куранахское титаномагнетитовое месторождение в Амурской области. В пластах Апсатского месторождения коксующихся углей сосредоточено до 55 миллиардов кубометров метана.

Большая часть месторождений распределена и находится в разной степени освоения. Происходит добыча коксующихся углей на Апсатском месторождении (ООО «Арктические разработки», СУЭК). Готовится к освоению Удоканское месторождение (ООО «Байкальская горная компания», ОАО «Металлоинвест»). Геологоразведочные работы проводятся канадской фирмой Azarga Metals Corp на Ункурском медно-серебряном месторождении. В настоящий момент практически прекращены работы на месторождениях Рудное и Магнитное Чинейского массива (ОАО «Забайкалстальинвест», ООО «Базовый элемент»). Месторождения являются комплексными, с присутствием в каждом из них черных и цветных металлов. Так на Удоканском месторождении может быть извлечено более 12 млн. т безпримесного магнетитового железа, который может использоваться при переработке титаномагнетитовых руд месторождений Магнитное и Этырко Чинейского массива расположенных в 10 км к югу от Удокана.

Здесь же сосредоточены крупные запасы «чистого» магнетита на месторождениях железистых кварцитов месторождений Чаро-Токкинской группы. С другой стороны, для получения кондиционных сульфидных концентратов к низкосернистым рудам Удоканского месторождения требуется добавление высокосернистых руд, которые присутствуют на месторождениях Рудное, Верхнечинейское, Сквозное, Контактное Чинейского массива.

Поскольку финансирование 1-й очереди освоения Удоканского месторождения будет происходить за счет кредитов государственных банков (ВЭБ, Газпромбанк, Сбербанк), то следовало бы вернуть ООО «Байкальская горная компания» и ООО «Базовый элемент»), к координированию логистической составляющей своих крупных добывающих проектов – Удоканского и Чинейского, которая планировалась ими в 2011 г. Это возможно в рамках частно-государственного партнерства для более рачительного использования бюджетных средств в освоении месторождений мирового уровня. Открытие новых типов руд в Удокан-Чинейском рудном районе уже в новейшей истории при сворачивании отраслевых геолого-поисковых и геологоразведочных работ требует продолжения поисковых работ с использованием современных методов.

**Елшина С.Л., Иваненкова Е.В., Конкина А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ГРР НА ПРИМЕРЕ
ПРИАРГУНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

Для сопровождения геологоразведочных работ разрабатываются комплексные геоинформационные системы (ГИС), объединяющие информацию, собранную и обработанную различными методами. Использование таких систем позволяет оптимизировать работу с данными. Для современных ГИС характерно объединение разнородной информации: картографической (пространственно распределенной) и фактографической (атрибутивной). Такой комплексный подход был опробован при проведении прогнозно-поисковых работ на полиметаллическое оруденение в условиях Рудного Алтая. В настоящее время подобная геоинформационная система разработана для объектов Приаргунской МЗ Забайкальского края. Созданная ГИС имеет блочно-модульную архитектуру, включающую электронный каталог (БД) данных, модели эталонных месторождений и рудопроявлений, комплекты цифровых карт различного масштаба.

Электронный каталог (БД), предназначенный для хранения фактографической информации, в свою очередь, тоже делится на два самостоятельных блока. Первый включает в себя документацию разведочных маршрутов, фотодокументацию и описания керна скважин, результаты геохимических и геофизических исследований и различных видов анализа, а второй - данные по месторождениям и рудопроявлениям. БД проектируется в среде MS Access и позволяет легко извлекать необходимую информацию, проводить анализ, а также по ходу проведения полевых и камеральных работ динамично осуществлять корректировку и пополнение данных.

Картографические материалы, созданные в ГИС ArcMap, включают в себя специализированные цифровые карты различного масштаба, разрезы, модели эталонных месторождений. Прогнозно-поисковые работы проводятся последовательно по стадиям от региональных (среднемасштабных 1:200 000 – 1:100 000 и крупномасштабных 1:25 000) до поисковых (1:10 000). На каждом этапе исследования создается комплект карт, который включает в себя структурно-формационные, литолого-фациальные, геофизические и геохимические карты.

Проекты ГИС связаны между собой и дают возможность, с помощью диалоговых окон, осуществлять поиск и показ информации, как картографической, так и фактографической. Это позволяет совмещать и анализировать все материалы, полученные различными методами в ходе выполнения работ.

Весь комплекс работ направлен на выделение перспективных прогнозных площадей, разделенных на участки, ранжированные по степени перспективности.

В результате для Приаргунской МЗ составлены структурно-формационная и литолого-фациальная карты масштаба 1:200 000, на основе которых выделены перспективные рудные районы и узлы, и подготовлены структурно-формационная и литолого-фациальная основы прогнозирования масштаба 1:50 000 для карт-врезок всех рудных районов. Выделены перспективные площади, ранжированные по очередности опосредования. Созданы прогнозно-поисковые модели и разработаны поисковые критерии и признаки для месторождений Нойон-Тологойского и Приаргунского типа.

Ермолаев Г.С., Пузиков А.Н., Сущинский Л.С.,

Тилыева Г.С. Фимушкин Л.И., Цой В.Г.

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА В РАСФОРМИРОВАНИИ РУДОНОСНЫХ СТРУКТУР ТЯНЬ-ШАНЯ

При изучении рудных месторождений Центральной Азии, основываясь на учении А.В. Королева, П.А. Шехтмана, В.П. Федорчука, выявлены геологические неоднородности с различными физико-механическими свойствами, элементами расслоенности и трансляции, тем не менее упорядоченно размещенными в морфоструктурах современного рельефа, что кардинально меняет представления о геологическом строении и развитии региона.

Важная роль неотектоники определяется тем, что проявления на дневной поверхности тектонических движений новейшего неоген-четвертичного этапа могут быть измерены и датированы гораздо точнее, чем подобные проявления геологического прошлого, и в отличие от них не искажены последующими процессами (Трифонов, 1987).

Территория Центральной Азии (в границах СНГ), являясь частью Урало-Монгольского подвижного пояса, располагается в центральной части материка Евразия, в зоне наибольшего распространения неоген-четвертичных образований. Последние, окаймляя разновозрастные, разнонаправленные, разномасштабные и разнообразные блоковые структуры-террейны, в том числе Тянь-Шаня, Памира и Копетдага, соединяют моря Северного Ледовитого, Тихого, Индийского и Атлантического океанов, свидетельствуя о тесной взаимосвязи материковых и океанских структур.

Районы развития террейновой мозаики установлены в различных регионах земного шара: Аляске, Кордильерах, Центральных Понтидах, Восточной Сибири, Чукотке, Камчатке, Тянь-Шане. Площади террейнов определяются первыми сотнями-тысячами квадратных километров. Некоторые геологи понимают под ними блоки коры, перемещенные на сотни и даже тысячи километров (Coney P.J., 1989; Howell D., Jones D., Schermer E., 1985; Jones D.L., Howell D.G., Coney P.J., Monder J.W.H., 1983).

В настоящее время, в пределах Тянь-Шаня известны промышленные бескорневые месторождения цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов различных генетических и промышленных типов: золоторудные, оловорудные, полиметаллические, вольфрамовые, медные – в Северном Тянь-Шане; медно-молибденовые, вольфрамовые, полиметаллические, сурьмяные, золоторудные, урановые в Центральном Тянь-Шане; золоторудные, золото-серебряные, вольфрамовые, ртутно-сурьмяные и урановые – в Южном Тянь-Шане. Наиболее значимые из них расположены в Кызылкумском и Алмалыкском рудных районах Южного и Центрального Тянь-Шаня.

Установлена тесная взаимосвязь рудоносных структур Центральной Азии. Так, Центральный (Срединный) Тянь-Шань и Юго-Западные отроги Гиссарского хребта соизмеримы между

собой и как бы соединяют в единое целое дугообразные структуры Северного и Южного Тянь-Шаня и Копетдага.

В пределах Южного Тянь-Шаня возвышенность Тамдытау с месторождением золота Мурунтау и возвышенность Карачатыр, с месторождением ртути Чонкой, несмотря на металлогеническое различие, имеют много общих черт, включая конфигурацию домезозойских образований (уникальная сходимость), а ртутно-сурьмяные пояса Южно-Ферганский и Зеравшано-Гиссарский соизмеримы между собой (длина, около 200 км).

В пределах северо-западной части Южного Тянь-Шаня (Западный Узбекистан), отличающейся развитием «островных домезозойских выходов», отмечаются промышленные объекты золота, вольфрама и урана (Мурунтау, Учкудук, Ингичке и др.), элементов, с примерно равными удельными весами (19 г/см^3). Здесь же золоторудные месторождения Айтым, Мурунтау, Зармитан и Алтын-Казган размещаются на одинаковом расстоянии (16–18 км) от наивысших высотных отметок «своих» возвышенностей. Приведенные данные могут свидетельствовать о тектонической (механической) расслоенности (расформировании) рудоносных структур и интенсивности происходящих геодинамических процессов.

Дальнейшие исследования показали, что верхняя часть земной коры региона, вмещающей рудные объекты, представлена резко различными геодинамическими комплексами, имеющими тесную связь с морфоструктурой современного рельефа. Так, блоковые разновидности – террейны, слагают преимущественно возвышенные участки рельефа, тогда как пластичные (динамичные) коррелируют в основном с выровненной ее частью. Рудные объекты цветных, редких и благородных металлов, представленные аллохтонными блоковыми структурами, размещаются в основном на контакте домезозойских и мезозойско-кайнозойских образований, часто ассоциируясь с границами возвышенных и выровненных частей рельефа.

Рудные районы, содержащие крупные промышленные объекты, такие как Центральные Кызылкумы и Алмалыкский приурочены к торцовому сочленению домезозойских структур Южного и Центрального Тянь-Шаня с мезозойско-кайнозойскими и четвертичными. Это может свидетельствовать о разрыве рудоносных структур в местах наибольшего скопления минерального вещества, характеризуя анизотропию рудного пространства.

На примере Кызылкумского, Нуратинского, Зеравшано-Гиссарского, Южно-Ферганского и Таласского рудных районов Северного и Южного Тянь-Шаня установлена структурно-вещественная дисгармония в домезозойском комплексе, отражающая чередование в разрезах жестких и пластичных образований, тесно связанных с морфоструктурой современного рельефа. Среди первых выделяются блоки-террейны, сложенные известняками, часто джаспероидизированными, доломитами, песчаниками, магматогенными и другими компетентными образованиями, залегающими преимущественно в возвышенных частях рельефа и характеризующимися резко измененными параметрами и конфигурацией поверхностей, отражая разрыв, растяжение. Вторые представлены в основном алевролитосланцами («черными сланцами»), пластической бесструктурной массой с оригинальными свойствами «неразрывности» (динамичности), пloyчатостью, листоватостью, копьевидной или карандашной отдельностью – развитыми преимущественно в выровненных частях рельефа. На поверхности они картируются в виде зон разрывных нарушений, имеют различное залегание и ориентировку, основное распространение – глубинное.

Рудный минеральный комплекс, представленный блоковыми рудоносными структурами (окварцованными, кварц-карбонатными, колчеданными, лиственитизированными, ороговикованными, кремнистыми, кремнисто-карбонатными, доломитизированными и др.), занимает промежуточное положение, характеризуясь вязко-упругими деформационными

свойствами слагающих его пород и поэтому значительной части рудных объектов Западного Тянь-Шаня соответствуют средние для каждого из рудных районов гипсометрические отметки (Исанов, 1985).

Алевролитосланцы (бесструктурная масса) – движущая сила, вмещает, либо подстилает и перемещает, как по вертикали, так и по латерали, с преимуществом горизонтальной компоненты самые разнообразные и разновозрастные блоки-террейны, в том числе рудные.

На основе детального структурного изучения рудных объектов Северного, Центрального и Южного Тянь-Шаня установлено разрывно-глыбовое тектоническое течение горных масс, в том числе рудных. Свидетельством тому являются главнейшие особенности характеризующие размещение промышленного оруденения: 1) блоковое размещение рудоносных структур в пластической алевролитосланцевой («черносланцевой») массе; 2) размещение значительной части промышленных рудных объектов на границе домезозойского и мезозой-кайнозойского комплексов; 3) многочисленность и резкая изменчивость параметров рудных тел; 4) неравномерность распределения оруденения; 5) оконтуривание рудных тел по данным опробования; 6) стреловидная форма; 7) неоднозначность количественной и качественной характеристик в возвышенных и выровненных частях рельефа.

Приведенные данные объясняются авторами, как и Н.П. Лаверовым и А.С. Перфильевым (1989), различными геодинамическими обстановками: формированием рудных комплексов и расформированием их последующими реологическими процессами. Последнее, в основном, представляет металогению золота, серебра, сурьмы, ртути, меди Центральной Азии.

Геодинамическая обстановка расформирования в Центральной Азии характеризуется горизонтальным растяжением земной коры в послеальпийское время, подъемом нагретого глубинного вещества и латеральным перемещением (течением) его, вместе с обломками минерализованной коры, вдоль разрывов маркированных с поверхности мезозойско-кайнозойскими отложениями, и упорядоченным размещением их (террейнов) в морфоструктурах современного рельефа.

Заернюк В.М., Борисович В.Т. (МГРИ-РГГРУ) ТЕНДЕНЦИИ И ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ВОЗВРАЩЕНИИ ЗОЛОТА В ФИНАНСОВУЮ СИСТЕМУ

Многие специалисты отмечают, что в мире растет интерес к благородному металлу не только как объекту инвестиций, появляется еще более важный вектор изменений, определяемый тем, что благородный металл стал постепенно возвращать себе статус денежного металла. Золото из обычного товара превращается в мир денег, во всеобщий эквивалент и средство обмена и платежа. Это означает коренной переворот в мировой экономике и политике.

Основной причиной проведения программы по наращиванию резервов золота Центральными банками (ЦБ) является долгосрочная диверсификация золотовалютных резервов (ЗВР) страны с целью снижения в них доли доллара и евро и увеличения доли золота. Размер ЗВР позволяет судить о прочности финансового положения страны и рассматривается как важный элемент в системе обеспечения стабильности национальных валют. Увеличение ЗВР позитивно влияет на инвестиционную привлекательность любой страны: снижает риск дефолта по внешним заимствованиям в случае неблагоприятных изменений мировой конъюнктуры, а также уменьшает вероятность резких колебаний курса национальной валюты.

Государственные деятели разных стран понимают, что мировая финансовая система, основанная на гегемонии доллара, заканчивается. Поэтому они, готовясь к грядущим изменениям, в качестве

превентивных мер прорабатывают различные варианты организации внутреннего денежного обращения в своих странах на основе золота. Экономика, построенная на основе золотого стандарта, гарантирует обмен на золото по первому требованию каждой выпущенной денежной единицы.

Ситуация на рынке золота в последние месяцы складывалась непросто. Результатом действия разнонаправленных факторов стало непонимание рынком чего ждать дальше, инвесторы не могут решить будет ли ситуация с ценой на золото развиваться по «бычьему» или по «медвежьему» сценарию. Фактором, оказывающим наибольшее влияние, стали меняющиеся ожидания в отношении монетарной политики США и того, как она скажется на курсе доллара. Мы разделяем мнение аналитиков, считающих, что общий макроэкономический фон остается для золота благоприятным. Если учесть, что размер спекулятивных позиций на начало этого года был относительно невелик, в ближайшие месяцы 2019 г. можно с высокой долей вероятности ожидать притока инвестиций в золото.

Считаем, что общий макроэкономический фон остается для золота благоприятным.

Ситуация, складывающаяся на рынке физического металла, не дает оснований рассчитывать на то, что спрос в этом сегменте будет способствовать росту цены на золото. Становится все более очевидно, что наши ожидания небольшого снижения объемов добычи не подтверждаются.

Можно ожидать, что объем добычи останется примерно на прежнем уровне и в этом году, и в среднесрочной перспективе. Цены на золото в национальных валютах остаются высокими, и даже цена в долларах США существенно выше исторических средних значений, поэтому в обозримой перспективе добыча золота будет прибыльной для большинства его производителей. К положительным факторам стоит отнести то, что исключительно благоприятные условия, которые сложились на некоторых ключевых рынках в прошлом году, постепенно перестанут действовать и предложение золотого лома снизится.

Последний мировой экономический кризис заставил ряд государств заговорить о введении межгосударственных расчетов в золоте. Экспертами обоснованно высказывается мнение об определении обменных курсов национальной валют не валютными биржами, как это делается сейчас, а золотым паритетом этой валюты.

**Карпухина М.В., Лошакова А.С., Фролова А.С., Харченко Т.Н.,
Хромов В.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)**

**СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ (ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ) ПОКАЗАТЕЛЕЙ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АБЦМ РФ**

При выполнении работ по технико-экономическому обоснованию временных разведочных кондиций месторождений, при оценке потенциала объектов с прогнозными ресурсами часто используют метод аналогии. Для применения этого метода необходимо располагать представительной выборкой объектов-аналогов. Кроме этого, систематизация информации по изученным месторождениям может позволить решать задачи мониторинга развития минерально-сырьевой базы государства. Информационно-аналитическая система мониторинга технико-экономических показателей системы базируется на сборе, систематизации и анализе геологических, горно-технических, технологических и экономических показателей освоения коренных месторождений алмазов, благородных и цветных металлов (АБЦМ) на основе данных, содержащихся в лицензионных соглашениях, протоколах утверждения запасов, протоколах согласования проектов освоения объектов. Создание системы способствует повышению

эффективности прогнозирования и поисков новых месторождений, улучшению системы информационного обеспечения недропользования, мониторингу развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации на основе информационных технологий.

Разработана структура баз данных применительно к геологическим, горно-техническим, технологическим и экономическим показателям месторождений АБЦМс утвержденными запасами. Подготовлена к обработке информация более чем по 370 месторождений АБЦМ, полностью проанализирована комплексная информация по 40 месторождениям, что позволяет производить поиск сведений по заданным параметрам при апробации прогнозных ресурсов, при составлении и экспертизе ТЭО кондиций.

В базе данных геологических показателей учитывается около 90 параметров, в т. ч. сведения о морфологии рудных тел, рудно-формационном типе, данные о местоположении месторождения в пределах металлогенических таксонов, параметры и объемы геолого-разведочных работ, кондиционные параметры, количественные показатели и группа сложности геологического строения месторождения, сведения о прогнозных ресурсах и количестве запасов полезных ископаемых по категориям А, В, С₁, С₂.

Горно-техническая часть данной системы учитывает сведения о параметрах добычи руд. Информацию обрабатывают отдельно по открытому, подземному и комбинированному способам отработки месторождений по таким параметрам, как физико-технические свойства вмещающих пород и руд, параметры и элементы системы вскрытия и отработки, эксплуатационно-добычного комплекса, элементы технологии ведения буровзрывных работ, водоотлива, проветривания рудника и др.

Систематизацию технологических параметров производят с целью расчёта предполагаемых показателей переработки руды на основе известных исследований руд. В технологической части базы данных учитываются такие параметры, как технологический тип и степень окисленности руд, содержания ценного и попутных компонентов в руде, показатели обогащения. Для месторождения, как правило, технологические параметры представлены несколькими вариантами технологических схем и параметров исходной руды.

По экономическому направлению данной системы рассматривается около 50 параметров. Данные параметры можно разбить на пять крупных блоков: освоенность района, годовая производительность предприятия, эксплуатационные и инвестиционные затраты и итоговые технико-экономические показатели. Эксплуатационные и инвестиционные затраты в сводной таблице разделены на разные статьи.

На начальном этапе работы данные вводятся в отдельные базы данных по указанным выше направлениям квалифицированными специалистами. Как правило, показатели по месторождениям можно считать типовыми, что позволяет формализовать данные для облегчения их обработки и анализа. Завершение ввода большей части сведений о месторождениях в базы данных позволит создать единый информационный ресурс в виде информационно-аналитической системы.

Конышев В.О. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЮЧУС В АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ

Месторождение Кючус, представленное крутопадающими телами золото-сульфидно-кварцевых руд в минерализованной зоне брекчирования и раассланцевания, диагонально секущей черносланцевую толщу ладинского яруса в пришарнирной части антиклинальной складки, является вторым после Нежданнинского по запасам золота (175 262 кг) в Республике Саха

(Якутия). Протоколом ГКЗ №1946-оп от 2009 г. на нем утверждены запасы золота кат. C_1 70 919 кг при среднем содержании 6,066 г/т под открытую добычу и запасы кат. C_2 104 343 кг под комбинированную добычу, в том числе: под открытую – 38 416 кг с содержанием 6,066 г/т; под подземную – 65 927 кг с содержанием 8,483 г/т.

По ТЭО ФГУП «ВНИПИпромтехнология» (Скрипка Л.И. и др., 2007ф), утвержденном Протоколом ГКЗ №253-к от 16.02.2009) предусматривалось за 19 лет между дневной поверхностью (гор. от +80 до +120 м) и гор. – 160 м завершить открытую отработку запасов кат. C_1 и C_2 , при потерях 3,0%, разубоживании 9,7% (эксплуатационные запасы 22 451 тыс. т руды и 106 705 кг золота при среднем содержании 4,8 г/т) с выходом карьера на 5-ый год разработки на проектную мощность: по руде 1500 тыс. т; по золоту 8250 кг; по горной массе 12 556 тыс. м³ при среднем коэф. вскрыши 6,2 м³/т. При сквозном извлечении 80,2% рассчитывалось получить 85 578 кг золота при среднегодовом производстве 6617 кг, сроке окупаемости капвложений 13 лет, индексе доходности 1,14 и внутренней норме доходности 12,33%.

В дальнейшем предусматривалось за 18 лет отработать подземным способом запасы кат. C_2 на гор. от -160 до -305 м при потерях 4,6% и разубоживании 18,7% (эксплуатационные запасы 11 606 тыс. т руды и 63 852 кг золота при среднем содержании 5,5 г/т) с выходом рудника за 6 лет на годовую мощность 850 тыс. т руды, 4505 кг золота и 315 тыс. м³ горной массы. При сквозном извлечении 85,8% рассчитывалось получить 54 805 кг золота при годовом производстве 3867 кг, сроке окупаемости капвложений 14 лет, индексе доходности 1,04 и внутренней норме доходности 10,72%.

Однако, дальнейших разведочных работ не последовало. По истечении срока действия лицензии (ЯКУ № 11978 БП от 01.12.2003 г. по 31.10.2008 г.) руководство ОАО «Якутская горная компания» с единственным акционером – «Группой компаний «Полус», отказалось от освоения месторождения при внутренней норме доходности близкой к 10% дисконту. Месторождение с тех пор находится в нераспределенном фонде недр.

Причиной невысоких экономических показателей, послужило пренебрежение авторов ТЭО к замечаниям ряда экспертов ГКЗ, выявивших в контурах рудных тел прослой некондиционных руд мощностью от 5 до 43 м по 112 скважинам, и наличие по ним от 1 до 10 крайних проб со средними содержаниями ниже бортового. Это, привело к увеличению количества руды в 2 раза и уменьшило в ней среднее содержание в 1,8 раза по сравнению с запасами, утвержденными ранее Протоколом №451 РКЗ Госкомгеологии РС(Я) от 10.12.1996 г. с применением коэф. рудоносности 0,67.

Заслуживают уважения исследования предшественников, по выявлению, изучению и обоснованию промышленной значимости месторождения при подземной разработке, поскольку открытой добыче препятствует затопляемая пойма 50 км долины р. Кючюс, поперечно расположенная к Главной минерализованной зоне, вмещающей сравнительно маломощные рудные тела, уходящие на предельные глубины. Не последняя роль отводилась экологическим соображениям по предотвращению деградации вечной мерзлоты при открытых работах в мощных озерно-болотных отложениях.

Нижне-Кючюское проявление было обнаружено и оценено в 1,7 т золота при геологической съемке масштаба 1:200 000 (Яскелайнен Г.С. и др., 1965ф). При геохимических работах (Василевский, 1972 ф) выделена Главная минерализованная зона шириной до 400 м, в которой канавами вскрыто 3 рудных тела. Поисковыми работами ресурсы золота в зоне оценивались в 27,7 т (Белокрылов, 1984ф.). По результатам поисково-оценочных работ (Слободчиков В.А. и др., 1987 ф.) подсчитаны запасы кат. C_2 82 т золота и локализованы прогнозные ресурсы категории P_1 39 т и P_2 117 т.

В период 1988–1996 гг. Кючюсской ГПП Янской ГРЭ завершены поисково-оценочные работы на флангах месторождения и выполнена предварительная разведка рудных тел Главной рудной зоны (Хизбуллин М.В. и др. 1993ф, 1996ф). Разведка осуществлялась наклонным шахтным стволом и подземными горными выработками на горизонтах +80 и 0 м, а также 452 скважинами до глубины 560 м. С поверхности рудные тела были разведаны канавами и короткими уклонами с рассечками.

ФГУП ЦНИГРИ по субподрядному договору: «Комплексное изучение месторождения Кючюс на стадии предварительной разведки» (Коньшев В.О. и др. 1991ф) выполнено геологическое описание месторождения, охарактеризованы рудные тела и рудные столбы, изучен вещественный состав и технологические свойства природных типов руд, выполнено технологическое картирование, оценена достоверность разведочных работ. Все это с результатами разведочных работ Янской ГРЭ было положено в обоснование ТЭО кондиций по субподрядному договору: «Геолого-экономическая оценка вариантов освоения месторождения Кючюс» (Карпенко И.А. и др. 1994ф).

По бортовому содержанию 3 г/т, при минимальной мощности 1,5 м, максимальной мощности некондиционных прослоев 3 м, минимальном содержании 5 г/т в краевой выработке и коэф. рудоносности 0,67 для 7 рудных тел шахтного поля (участок протяженностью 2080 м между РЛ 2480 и 4560 м, шириной 150 м на вертикальном диапазоне 270 м между гор. +110 и -160 м) были подсчитаны запасы 11 394 тыс. т руды и 109 266 кг золота при содержании 9,59 г/т. Такое содержание обеспечивало прибыль в 1,5 г золота с каждой тонны руды при минимальном промышленном содержании 8,1 г/т. Общая прибыль рудника 1 очереди оценивалась в 17,1 т золота за 20 лет добычи и переработки 14 206 тыс. т товарной руды (при потерях 4,6% и разубоживании 23,5%), содержащей 106 520 кг золота.

ТЭО предусматривалось вскрытие шахтного поля двумя стволами шахт глубиной до 300 м, а из них - квершлагами и штреками на откаточных горизонтах. Система отработки планировалась этажно-камерная с закладкой выемок хвостами обогащения, замороженных в условиях вечной мерзлоты. Расчетный объем горной массы определен в 160 тыс. м³, годовая производительность по руде – в 700 тыс. т, а по золоту – в 5250 кг. Общее количество извлекаемого (81,2%) золота оценивалось в 86 494 кг, а годовое – в 4263 кг. Окупаемость капиталовложений достигалась за 10,4 года, а уровень рентабельности составлял 5,8%, что соответствовало показателям отечественных и зарубежных аналогов.

На флангах шахтного поля до гор. -440 м были подсчитаны запасы кат С₂ 65 188 кг золота в 8500 тыс. т руды со средним содержанием 7,67 г/т на последующие 20 лет отработки при углубке стволов шахт. Снизу до гор. -600 м оценены прогнозные ресурсы категории Р₁ – 21 777 кг для 3-ей очереди разведки и добычи. Таким образом, период освоения месторождения может продолжаться более 60 лет, а с учетом ресурсов категории Р₂ – 211 114 кг по другим минерализованным зонам рудного поля – более 100 лет.

Солидный сырьевой потенциал золота (свыше 400 т) на месторождении и длительная перспектива его освоения позволяют приступить к созданию вокруг золоторудного объекта района опережающего экономического развития в удачной географической позиции в Арктике. В 7 км восточнее месторождения р. Кючюс впадает в р. Яну, доступную для судов типа река-море. Поднимается вопрос о размещении здесь плавучей атомной электростанции, производящей энергию в 3 раза дешевле, чем ДЭС, что резко улучшит экономические показатели всех действующих и будущих предприятий. В 37 км севернее на р. Яна расположен порт Усть-Куйга с аэропортом, а в 360 км ниже по течению на побережье моря Лаптевых находится порт Нижне-Янск в центральной части Северного морского пути. Район богат золотом, оловом и другими дефицитными видами сырья. В геологическом плане он пока слабо исследован.

Конышев В.О. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
О ТЕМПАХ ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
СУХОЙ ЛОГ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Месторождение Сухой Лог, представленное зонами прожилково-вкрапленных золото-кварц-сульфидных руд в дислоцированных углеродистых сланцах рифея-венда, выявлено в 1961 году в процессе поисково-оценочных работ (В.А.Буряк, Н.П.Попов, В.А. Лисий и др.) в Ленском золотоносном районе в 120 км севернее г. Бодайбо. По итогам предварительной (1967–1970 гг.) и детальной (1971–1977 гг.) разведки ГКЗ СССР (Протокол № 8001 от 30.12.1977 г.) были утверждены запасы категории $ВС_1C_2$ 1029,5 т золота в 373,33 млн. т балансовых руд со средним содержанием 2,75 г/т и 11,7 т золота в 8,42 млн. т забалансовых руд со средним содержанием 1,39 г/т. Для освоения такого месторождения капиталовложения, требуемые на протяжении 16 лет, могли окупиться только за 23 года планировавшейся добычей и переработкой больших масс рядовых руд.

Поиски положительного решения освоения гигантского объекта и геологоразведочные работы с наращиванием запасов на собственно Сухоложском, Северо-Западном и Центральном участках месторождения продолжались еще 40 лет до 26 января 2017 года, пока он не был продан на Государственном аукционе за 9,4 млрд. руб. компании «СЛ Золото», созданной Госкорпорацией «Ростех» (49%) и ПАО «Полюс» (51%). Это случилось спустя 8 лет после комплексной технологической и геолого-экономической переоценки месторождения Сухой Лог ФГБУ «ЦНИГРИ» (Карпенко И.А., Мигачев И.Ф., Иванов А.И. Куликов Д.А. и др., 2006-2008 гг.).

По результатам этой переоценки Протоколом ГКЗ № 1529 от 19.12.2007 г. утверждены балансовые запасы 1942,6 т золота в 926,6 млн. т руды со средним содержанием 2,078 г/т золота. Из них к доказанным запасам категории $B+C_1$ принадлежали 1378,9 т золота, а к вероятным запасам категории C_2 – 563,7 т золота в сортах рядовых и бедных руд для открытого и подземного способов отработки рудных тел в вертикальном диапазоне между абсолютными отметками от 1120–1165 м до 535 м. Запасы попутного серебра составили 1541 т. Забалансовые запасы утверждены в количестве 740,6 т золота в 1445,7 млн. т убогих руд со средним содержанием 0,512 г/т. Все запасы были перед аукционом вновь подтверждены Протоколом ФГБУ ГКЗ №4407 от 2015 г.

Для первоочередной открытой добычи на месторождении Сухой Лог эксплуатационные запасы руды составили 833 млн. т со средним содержанием 2,01 г/т, или 1677,6 т золота. Из этих запасов с учетом извлечения проектировалось добыть 1 449 506 кг золота. Затраты на добычу и обогащение 1 т руды были рассчитаны в 417,5 руб. в ценах 2007 года при цене 1 г золота 538 руб. Балансовая прибыль была определена в 404 млрд. руб., в том числе среднегодовая – в 18 млрд. руб. Инвестиции в строительство опытно-промышленного предприятия оценивались в 10,93 млрд. руб., а в целом для месторождения – в 49,75 млрд. руб. Срок окупаемости инвестиций составил 11 лет, а при дисконте 10% – 14 лет.

По информации, приведенной на сайте «Месторождение Сухой Лог», в настоящее время компания «СЛ Золото» осуществляет доразведку запасов бурением скважин на детально разведанном месторождении, упуская время (прошло уже 2 года) на проектирование и строительство ранее предусмотренных ТЭО опытно-промышленных карьера и обогатительной фабрики первой очереди для проведения полупромышленных испытаний и совершенствования технологий предварительного обогащения убогих и бедных сортов руд методами РРС и ФМС для исключения потерь значительных количеств золота в недрах и сокращения затрат на фабричную переработку руд.

Проведенная до июня 2018 г. программа заверочного бурения 43 тыс. п. м скважин показала полную сходимость результатов с историческими данными по ранее выполненным разведочным работам. Несмотря на это до 2019 года будет продолжено бурение 105 тыс. п.м скважин для сгущения разведочной сети и 18 тыс. п.м для геотехнических и гидрогеологических исследований. В 2019 году будет пробурено еще 31 тыс. п.м скважин для доизучения флангов и глубоких горизонтов месторождения. На буровые работы, документацию и опробование керна расходуется около 30 млн. долларов в год. Для привлечения иностранных инвесторов завершить подготовку оценки измеренных и выявленных ресурсов по стандарту JORC ожидается в 4-ом квартале 2018 г., а выполнить подсчет вероятных и доказанных запасов руды – в 2020 г. Переход от разведываемого к подготавливаемому к освоению месторождению планируется завершить в 2021 г. В этом же году по вновь составленному ТЭО будет принято решение по строительству ЗИФ на 30 млн. т руды в год (2 линии по 15 млн. т) и карьера при среднем коэффициенте вскрыши 2,2 м³/т. На ЗИФ проектируется реализовать стандартную схему последовательной гравитации и флотации с последующим цианированием концентратов и получением сплава Доре.

Запуск производства планируется компанией «СЛ Золото» в 2026 г. Средний объем годового производства ожидается в количестве 1,6 млн. тройских унций (около 50 т золота) при среднем содержании 2,1 г/т и извлечении 80 %. Общие денежные затраты оцениваются в 420–470 долларов на унцию (31,1035 г) золота. Капитальные затраты на строительство оцениваются в 2–2,5 млрд. долларов. Упоминаний о потерях в недрах значительных количеств золота в убогих забалансовых (740 т золота) и бедных балансовых (347 т золота) рудах в сайте компании не содержится. Нет упоминаний и о предварительной сепарации убогих и бедных руд методами РРС и ФМС для уменьшения потерь золота в недрах.

Рядовые руды, запасы которых составляют 297 млн. т со средним содержанием 3,53 г/т по условиям залегания должны обрабатываться совместно с бедными рудами, запасы которых составляют 373 млн. т со средним содержанием 0,93 г/т. Для оконтуривания рядовых руд ТЭО ФГБУ «ЦНИГРИ» предусмотрены: бортовое содержание 1,5 г/т; минимальная мощность рудного пересечения, включаемого в подсчет запасов, 8 м; минимальный метрограмм 12 мг/т; максимальная мощность пустых прослоев и некондиционных руд 8 м. Для более полного учета потенциала месторождения при оконтуривании бедных руд, окаймляющих рядовые руды, условиями принято бортовое содержание 0,5 г/т при аналогичных других лимитах, принятых для рядовых руд. Убогие руды внешней оторочки рудных тел оконтуриваются по 0,2 г/т.

Для возможной коррекции темпов освоения месторождения и предотвращения громадных потерь в недрах бедных и забалансовых руд, считаем полезным обратить внимание компании «СЛ Золото» на планировавшиеся ранее периоды освоения месторождения с использованием сепарации убогих и бедных руд методами РРС и ФМС:

В первый период (с 1 по 5 год) предусматривается доразведка, проектно-изыскательские работы, строительство инфраструктуры и отработка технологий сепарации руд на опытно-промышленных фабрике и карьере с добычей в 3-ий год 3185 тыс. т убогой руды с извлечением из нее 928 кг золота и 288 кг серебра. В 4-ый год планировалась добыча 2660 тыс. т бедной руды с извлечением из нее 2573 кг золота и 877 кг серебра. В 5-ый год планировалась добыча 501 тыс. т бедной руды, 378 тыс. т рядовой и 331 тыс. т убогой с извлечением из руд 514, 1330 и 52 кг золота, 180, 418 и 15 кг серебра, соответственно.

Во второй период (с 6 по 11 год) завершается создание инфраструктуры и осуществляется строительство первой очереди основного карьера с выходом его на проектную производительность 57 865 кг золота при добыче и переработке 14 млн. т рядовых и 17 млн. т бедных руд в год. Ежегодный выпуск серебра оценивался в 22 т.

В третий период (с 12 по 23 год) осуществляется разработка месторождения в штатном режиме с производительностью по руде 31 млн. т. и золоту 57 865 кг.

В четвертый период (с 24 по 33 год) продолжается отработка запасов из карьера второй очереди, производится строительство подземного рудника в течение 5 лет и последующая в течение 25 лет ежегодная добыча из него 12,5 т золота из 4,5 млн. т руды со средним содержанием 2,79 г/т. Подсчитанные запасы проектировалось отработать за 34 года, причем в последние 12 лет предусматривалось совмещение открытой добычи с подземной.

**Конышев В.О., Пивоварова Т.А., Тучина М.В., Шаповалов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
О СОСТОЯНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА В ОСНОВНЫХ
ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ СУБЪЕКТАХ СИБИРИ**

Несмотря на реструктуризацию восточных округов России (перевода в 2018 г. Республики Бурятия и Забайкальского края в состав Дальневосточного ФО), Сибирский ФО по-прежнему сохраняет достаточно высокий «золотой» потенциал в составе РФ.

Сегодня в округе числится 5 277 414 кг балансовых запасов (36,1% от РФ), в т. ч. в распределённом фонде – 5 052 152 кг, и 1 233 643 кг – забалансовых, а годовая добыча достигла 132 698 кг или 36,3% от РФ (таблица). С учётом Республики Бурятия и Забайкальского края эти показатели достигали: по запасам – 46%, по добыче – 43,8%.

Среди наиболее значимых субъектов Сибирского округа резко выделяются Красноярский край и Иркутская область, имеющие суммарно достаточно высокий уровень балансовых запасов (33,7%) и добычи (33,8%) от России и 93,2% – от Сибирского ФО.

Балансовые запасы и добыча округа в значительной мере связаны с 108 собственно золоторудными месторождениями (80% запасов и 77% добычи округа). На Красноярский край приходится 44,4% запасов и 73% добычи округа (основные месторождения – Олимпиадинское, Благодатное и др.); в Иркутской области – 48,8% запасов и 20% добычи округа (месторождения – Сухой Лог, Вернинское и др.)

С 33 комплексными месторождениями связано 16% балансовых запасов и 6% добычи округа. Это, в основном, запасы и добыча золота из медно-никелевых объектов Норильской группы (76% от комплексных по СФО), медно-порфировых (Ак-Суг) в Тыве и колчеданно-полиметаллических в Алтайском крае и Кемеровской области.

В 923 россыпных месторождениях округа запасы не превышают 4% общих, а добыча составляет 17%. Они сосредоточены преимущественно в тех же двух главных субъектах (суммарно): 623 объекта, 72% балансовых запасов и 80% добычи из россыпей округа.

Перспективы пополнения МСБ золота в Сибирском ФО определены прогнозными ресурсами (без выбывших субъектов): P_1 – 2422 т, P_2 – 2752 т, P_3 – 9113 т. Они также преимущественно сосредоточены в Красноярском крае и Иркутской области, где суммарно составляют: P_1 – 1966 т (81,2% от СФО), P_2 – 1740 т (63,2%), P_3 – 6497 т (71,3%).

**Красносельских А.А., Голенев В.Б., Ермакова Ю.В., Куликов Д.А.,
Тарасов А.С., Черемисин А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ИТОГИ АПРОБАЦИИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ
АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ (ЗОЛОТО, СЕРЕБРО, МПГ)
И ЦВЕТНЫХ (МЕДЬ, НИКЕЛЬ, СВИНЕЦ, ЦИНК)
МЕТАЛЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ,
ЗАВЕРШЕННЫХ В 2018 ГОДУ**

По результатам апробации, проведенной ФГБУ «ЦНИГРИ» в 2018 г., выполнен анализ количественного изменения состояния прогнозных ресурсов (ПР) алмазов, благородных (золото, серебро, МПГ) и цветных (медь, никель, свинец, цинк) металлов (АБЦМ), их территориального размещения, распределения по геолого-промышленным типам, вовлеченности в геолого-разведочные работы.

В 2018 году поступили материалы по 6 завершенным проектам поисковых геологоразведочных работ. Из них 4 проекта на благородные металлы и 2 – на цветные. Кроме того, по 7 проектам проводилась переоценка ПР по материалам прошлых лет.

На апробацию поступил 21 объект, значительная часть ПР из которых подверглись корректировке. Корректировка и отклонение ПР по поступившим объектам были связаны с недостаточной полнотой предоставленных материалов, качественными недостатками проведенных ГРР, а также методическими ошибками в авторских оценках, среди которых имели место:

- ошибки категоризации ПР и их кондиционной принадлежности;
- интерпретационные ошибки геологических особенностей локализации полезного ископаемого, включающие в себя неудачный выбор прогнозно-поисковой модели, геолого-промышленного типа, металлогенического таксона-аналога;
- ошибки количественной оценки ПР;
- ошибки определения оценочных параметров (кондиций) и геолого-экономической оценки по укрупненным показателям.

В общей оценке состояния и количественных изменений ПР на 01.01.2019 г. учтено 2064 кондиционных объекта. В нераспределенном фонде на 01.01.2019 г. числится 1467 объектов (71,1%), в распределенном фонде 597 (28,9%). Вовлеченность ПР в лицензирование (по количеству объектов, переданных в распределенный фонд недр) составляет по благородным металлам: МПГ – 43,8%, коренное золото – 33,1% серебро – 26,3%. Из цветных металлов наибольшей востребованностью у недропользователей пользуются никель и медь – 40,7% и 24,9% соответственно; наименьшей – цинк и свинец – соответственно 14,5% и 4,3%. По алмазам в распределенном фонде числится 36,8% объектов.

Анализ распределения ресурсов АБЦМ по категориям учета, их изменения за анализируемый период и уровень вовлеченности в ГРР показывает:

- наибольшей вовлеченностью в ГРР традиционно характеризуется золото. Изменения за рассматриваемый период имели место на 14 объектах в 6 субъектах Федерации. Состояние ПР кат. P_1+P_2 изменилось по 9 объектам, увеличившись суммарно по РФ на 92,8 т (2%) по отношению к началу 2018 г. Ресурсы золота новых рудоносных площадей, оцененных по кат. P_3 , изменились по 5 объектам, незначительно увеличившись на 142,5 т (0,5%);

- по серебру ПР уменьшились по кат. P_1+P_2 на 4871 т (3,8%), по кат. P_3 на 1050 т (1,0%). Поставлено на учет 2 новых объекта в двух субъектах ДВФО;

- ресурсы меди увеличились по кат. P_1+P_2 на 714 тыс. т (2,4%), по кат. P_3 на 1650 тыс. т;

-
- ПР свинца и цинка увеличились по кат. P_1+P_2 на 14 тыс. т (0,04%) и 38 тыс.т (0,3%); по кат. P_3 уменьшились на 60 тыс. т и 90 тыс. т соответственно;
 - оценка ПР МПГ и никелю в отчетном периоде не проводилась, прогнозные ресурсы остались без изменения.

Кривонос А.С. (ООО «Анакон»)
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ «ROCKLABS» В
ПОДГОТОВКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Большинство горно-добывающих компаний сталкиваются с рядом проблем, связанных с организацией работ по подготовке проб и лабораторным исследованиям, такими как:

1. Неравномерное распределение ценного компонента в руде и в пробах;
2. Низкая производительность труда;
3. Вероятность получения не достоверных результатов, вследствие влияния человеческого фактора;
4. Необходимость обработки технологических проб большой массы.

Для решения указанных проблем, группа компаний «АНАКОН» предлагает недропользователям следующие решения:

Автоматизированные системы подготовки геологических проб производства компании «ROCKLABS»

Начиная с 80-х годов XX столетия компания «ROCKLABS» серьёзно занялась проектированием и производством механизированных комплексов и полностью автоматических линий по подготовке проб. Эксплуатация такого оборудования многократно увеличивает производительность участков по подготовке проб, тем самым значительно снижая трудозатраты, радикально изменяет условия труда сотрудников и улучшает качество процесса подготовки проб.

Системы для опробования большеобъемных проб компании «ROCKLABS»

Одним из перспективных направлений деятельности компании «ROCKLABS» является производство систем предварительной подготовки технологических проб, предназначенных как для работы на отдельных точках опробования на предприятиях по переработке минерального сырья, так и для головного опробования. Данные системы позволяют подготавливать пробы, отобранные с различным интервалом времени, массой от 0,2 тонн до 10 тонн начального веса, с получением готовой к дальнейшей обработке пробы массой от 20 кг до 100 кг, в зависимости от расчетных показателей схемы опробования. Система оснащена дробильным модулем Большой-Бойд для неограниченных проб с начальной крупностью до 160 мм и дробильным модулем Бойд для второй стадии дробления с конечной крупностью материала 90% – 2 мм. Каждая стадия дробления оснащена автоматическими вращающимися делителями и транспортерами, что в совокупности позволяет исключить трудоемкие операции перемешивания и ручного сокращения проб.

Кузнецов В.М. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)
МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЮГА ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ОБРАМЛЕНИЯ.
ГЛАВНЫЕ ЭПОХИ РУДООБРАЗОВАНИЯ

Омолонский массив – крупный тектонический блок, ограниченный разломами, в том числе надвигового типа, включает выступы дорифейского фундамента и трехярусный чехол, который образован рифейско-нижнепалеозойскими, среднепалеозойскими и верхнепалеозойско-

мезозойскими комплексами и разновозрастными магматическими образованиями. Массив окаймляется структурами мезозойской Яно-Колымской складчатой системы, перекрытыми альб-поздне меловыми эффузивами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП), которые в свою очередь осложнены поперечными структурами ответвления с поздне меловым магматизмом.

В соответствии с тектоническим районированием выделяются Омогонская минерогеническая провинция, Охотско-Чукотский минерогенический пояс и поперечные поясу поздне меловые Коркодон-Наяханская и Конгинская рудоносные зоны.

Наиболее продуктивными на приоритетное для территории золотое оруденение являются Южно-Омогонский рудный район Омогонской провинции и Эвенский, в меньшей мере Вилигинский и Пареньский, рудные районы Охотско-Чукотского минерогенического пояса. Золотое и золото-серебряное оруденение районов связано с масштабными проявлениями плутонического и вулканического магматизма в среднем палеозое на Омогонском массиве и в поздне мезозое в Охотско-Чукотском поясе. Судя по геохимии магматических комплексов, они и в среднем палеозой и в поздне мезозой формировались в сходных геодинамических условиях краевых континентальных вулканоплутонических поясов и зон. Поперечные поясу Коркодон-Наяханская и Конгинская рудоносные зоны, приуроченные к цепочкам гранитоидных интрузий, специализированы на золотосодержащее молибден-порфировое оруденение и характеризуют третью эпоху рудообразования. Поперечные структуры связываются с косыми сколами по отношению к зоне субдукции, контролирующей ОЧВП. Интрузивы и их обрамление вмещают молибден-порфировое с золотом оруденение.

В Южно-Омогонском рудном районе наибольшее значение имеет оруденение серебряно-золотой адуляр-кварцевой формации, представленной крупным месторождением Кубака, средним месторождением Биркачан, малым месторождением Елочка и рядом перспективных проявлений.

Эвенский рудный район содержит крупное золото-сульфидное месторождение Перекатное, средние золото-серебряные месторождения Сопка Кварцевая, Дальнее, Ороч, малые месторождения Ирбычан, Невенрекан, Дальнее, ряд золото-серебряных и серебро-полиметаллических проявлений.

Среди линейного ряда рудных узлов Коркодон-Наяханской рудоносной зоны выделяются Верхнеомогонский рудный узел с малыми непромышленными молибденовыми месторождениями Верхнеомогонское и Орлиное, Аксуйский рудный узел с молибденовым проявлением Аксу и золоторудными проявлениями Солнечный и Ольховый. Конгинская рудоносная зона включает перспективные проявления скарновых свинцово-цинковых руд с серебром и золотом (Жаркий) и серебро-сульфидно-сульфосольное оруденение (Седой).

Дальнейшие перспективы наращивания МСБ, рассматриваемой территории, связываются с наименее изученными и удаленными рудоносными структурами Вилигинского рудного района ОЧВП и Коркодон-Наяханской рудоносной зоны.

**Куликов Д.А. Красносельских А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ
ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ АБЦМ» 2019 г.**

В настоящее время основным нормативным документом о прогнозных ресурсах (ПР) объектов, содержащих алмазы, благородные и цветные металлы (АБЦМ) можно назвать действующую редакцию «Классификации запасов и ПР ТПИ» (КЗ и ПР) 2006 г. С момента введения

понятия «Прогнозные ресурсы» в начале 80-х годов XX века было опубликовано несколько поколений методических документов – первый из которых Единые методические указания по применению «Временного положения о классификации прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» при оценке и учете ресурсов 1982 г. Затем были изданы Методические руководства по оценке ПР 1986 и 1989 гг. В постсоветское время в 2002 и 2010 гг. под редакцией ЦНИГРИ появились выпуски методических руководств по видам АБЦМ и рекомендации межинститутской группы Роснедра, которые, не были утверждены. Таким образом, последние утвержденные методические документы в сфере апробации ПР были подготовлены более 30 лет назад и требуют актуализации.

При подготовке доклада проведен ретроспективный анализ нормативных и методических документов, таких как Классификации запасов и прогнозных ресурсов (1982, 1997 и 2006 гг.), Положения о порядке проведения ГРП по этапам и стадиям (1976, 1984 и 1999 гг.), а также Методические указания, руководства и т.п. документы, в том числе монографии по оценке ПР (1982, 1986, 1989, 2002 и 2010 гг.). В ходе анализа показана тесная взаимосвязь смысла понятия ПР со стадийностью ГРП и прогнозированием месторождений полезных ископаемых.

В докладе предложено определение понятия «прогнозные ресурсы», в соответствии со смыслами, заложенными на ранних этапах развития этого термина, а также с учетом современных требований геологической отрасли. В основе понятия лежит количественная оценка ожидаемых запасов месторождений в пределах прогнозируемой площади, наличие которых предполагается на основании известных закономерностей размещения и образования месторождений определенного геолого-промышленного типа и комплекса обнаруженных прогнозных и поисковых признаков.

Более логично сформулированы определения различных категорий обоснованности ПР. Показана необходимость геолого-экономической оценки объектов с ПР. Обозначены критерии отнесения ПР к некондиционным. Предложен вариант Методического руководства по оценке ПР в редакции 2019 г.

**Тарасов А.В. (ООО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика»), Гоглев В.А. (ООО «Геоскан»)
РАЗНОВЫСОТНАЯ АЭРОМАГНИТНАЯ СЪЕМКА С БПЛА
КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОИСКОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МАГНИТОРАЗВЕДКИ**

В настоящее время наблюдается взрывной рост технологий с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА используется в самых разнообразных областях от сельского хозяйства, охраны окружающей среды до горного дела и геологоразведки. Магниторазведка, как ни один другой геофизический метод, подходит для использования БПЛА. Современные магнитометры относительно легкие и малопотребляющие электроэнергию геофизические приборы, которые обеспечивают высокую точность измерения компонент вектора магнитного поля. Это позволяет устанавливать магнитометры на компактные БПЛА. По сути, с появлением технологий БПЛА родилась новая методика магниторазведки, а именно: маловысотная аэросъемка. Аэромагнитная съемка с БПЛА может занять промежуточное положение между пешеходной наземной магнитной съемкой и традиционной аэромагнитной съемкой с пилотируемого летательного аппарата (самолета или вертолета).

Преимущества аэросъемки с БПЛА перед пешеходной съемкой очевидны. Производительность БПЛА аэромагнитной съемки в среднем составляет 160 км в день, тогда как производительность пешеходной съемки при использовании одного магнитометра от 6 до 15 км в день

в зависимости от условий проходимости. Проведение магнитной съемки с помощью БПЛА значительно ускоряет и автоматизирует процесс получения данных и сводит к минимуму человеческий фактор ошибки.

Преимущества аэросъемки с БПЛА перед с традиционной аэромагнитной съемкой не столь очевидны. Производительность и площадь съемки с легкого БПЛА ограничена емкостью бортового аккумулятора, погодными условиями (сильный ветер и пр.). Поэтому вряд ли в ближайшее время аэросъемка с БПЛА существенно потеснит традиционную аэромагнитную съемку, особенно при съемках с площадью более 150 км². Однако у съемки с БПЛА есть и ряд преимуществ перед обычной аэросъемкой. Во-первых, съемку с БПЛА можно выполнять на низких высотах (<50 м) с точным огибанием рельефа даже в условиях резко расчлененного горного рельефа. Такие малые высоты недоступны для традиционной аэросъемки даже с вертолета по требованиям безопасности. Измерения на малых высотах позволяют создать модель аномального магнитного поля с высокой детальностью и значительной «информационной глубиной». Во-вторых, БПЛА дает возможность выполнения съемки на нескольких высотах, что практически невозможно сделать в традиционной аэромагнитной съемке по чисто экономическим причинам. Разновысотная аэромагнитная съемка с самолета или вертолета приводит к кратному удорожанию работ.

Между тем, именно такая съемка позволяет повысить эффективность геологической интерпретации магниторазведки, а именно уменьшить неоднозначность решения обратной задачи. Чтобы показать эффективность разновысотной съемки мы провели ряд численных экспериментов на математических моделях с помощью современного программно-математического обеспечения (программа MAG3D, www.mirageosscience.com), а также выполнили обработку реальных полевых наблюдений (съемка с точным огибанием горного рельефа в пределах Сынырского ультракалиевого массива).

Анализ результатов этих численных экспериментов показал, что совместное использование разновысотных наблюдений при решении обратной задачи приводит к увеличению точности реконструкции геологического пространства. Это позволяет рекомендовать методику разновысотной съемки с БПЛА для поиска различных видов минерального сырья. Конечно, наиболее благоприятными объектами для исследования с помощью разновысотной аэромагнитной съемки с БПЛА являются объекты с высокой намагниченностью. Например, гидротермально-метасоматические ореолы с магнетитом, характерные для некоторых медно-порфировых месторождений. Но и относительные слабомагнитные объекты, такие как кимберлитовые трубки, перекрытые магнитными осадочными или магматическими образованиями, также могут выделяться более надежно.

Хворостов В.П. (GV Gold)

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСКОРЕНИЮ НАЧАЛА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СУХОЛОЖСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, С ЗАГРУЗКОЙ МОЩНОСТЕЙ
ДЕЙСТВУЮЩИХ ЗИФ-2, 3, 5 ПАО «ВЫСОЧАЙШИЙ»**

Анализ геологических, геофизических, геохимических материалов по Хомолхинско-Сухоложскому рудному узлу Северо-Бодайбинского рудного района показывает, что этот узел хорошо изучен с поверхности. Нарращивание минерально-сырьевой базы возможно только за счет слепых золоторудных месторождений, локализованных, прежде всего, в пределах Сухоложско-Бужуихтинской опрокинутой антиклинали, где расположено месторождение Сухой Лог, а в западной части этой рудовмещающей структуры, на глубине свыше 300 м, выявлено и

разведано слепое месторождение Радостное (Северо-Западный участок Сухоложского рудного поля).

На восточном продолжении Сухоложско-Бужуихтинской структуры, в 5 км от Сухого Лога, на левом берегу реки Ныгры, в водораздельной части ручьев Мордовский – Александровский, на глубине 200–500 м, нами прогнозируется еще одно слепое месторождение – Мордовское, локализованное в зоне складчато-разрывных деформаций (ЗСРД), в замковой части опрокинутой антиклинали.

26 января 2017 года компанией «СЛ Золото», учредителями которой выступили ГК «Ростех» и ПАО «Полус», выигран аукцион на право отработки крупнейшего в России месторождения Сухой Лог. Начало промышленного освоения планируется в 2025 году, карьером.

В состав Сухоложской лицензионной площади входят два объекта: месторождение Сухой Лог (для открытой разработки) и месторождение Радостное (Северо-Западный участок Сухоложского рудного поля), запасы которого для подземной отработки отдельно поставлены на Государственный баланс в объеме 193,133 тонн золота по категории С₂ (Протокол ГКЗ № 4584-доп. от 16.05.2016 г.). Оработка месторождения возможна только подземным способом и планируется через 30–40 лет, после завершения карьерной отработки Сухого Лога, вскрытием 2 км уклоном со дна карьера. Месторождение Радостное расположено в 8 км от ЗИФ-5, в 20 км от ЗИФ-2, 3 ПАО «Высочайший».

В целях ускорения сроков начала добычи золота на лицензионной площади Сухой Лог предлагается использование имеющихся вблизи горно-обогатительных мощностей ПАО «Высочайший»: ЗИФ-2, 3, 5, которые суммарно способны перерабатывать до 7 млн. т руды и производить 15–20 т золота в год. Для этого предлагается на уровне Правительства РФ решить вопрос по рациональному использованию минерально-сырьевой базы Сухоложского рудного поля путем создания альянса компаний «СЛ Золото» и ПАО «Высочайший».

Создание альянса позволит:

1. Провести совместную разработку опытным карьером, с промышленными технологическими исследованиями на ЗИФ-3 ПАО «Высочайший» больше объемных проб руды, весом 300–500 тыс. т, и переработку в ближайшие 5–7 лет (до строительства собственной «ЗИФ Сухой Лог»), верхних горизонтов Сухого Лога (горизонты +1165, +1030 м), содержащих $26,1 \text{ Mt} \times 3,5 \text{ г/т} = 91319,5 \text{ кг Au}$. В этом случае годовая добыча может достигнуть 7 млн. т руды, с переработкой на действующих ЗИФ-2, 3, 5 ПАО «Высочайший» и выпуском 15–20 т золота в год уже начиная с 2020–2021 гг.

2. Осуществить вскрытие в короткий срок пятикилометровым уклоном с верховий водораздела истоков рек Ныгры и Угахан слепых рудных тел месторождения Радостное, добычу и переработку 5 млн. т высококачественной руды в год на ЗИФ-5, 2, 3 после завершения ОНР и строительства ЗИФ СЛ.

3. Получить значительный социально-экономический эффект для Иркутской области и страны.

**Шемякина Е.М. (МГУ им. Ломоносова), Починалин П.А. (ООО «ИННОТЕР»)
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ**

В основу работу положено создание методики, направленной на поиск полезных ископаемых с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Актуальность задачи крупномасштабного прогноза и поисков полезных ископаемых с применением дистанционных методов обусловлена необходимостью получения качественно новых данных как по новым, так и по ранее изучаемым объектам без существенных затрат на

проведение полевых работ. Таким образом, создание новых методов прогноза оруденения представляет собой важную задачу для поисковой геологии.

Главная цель нашей работы – усовершенствование существующей методики прогнозирования полезных ископаемых на ранних этапах геологоразведочных работ.

За последние 10–15 лет произошел существенный технологический прорыв, связанный с повышением качества и доступности космических снимков. Это позволило пересмотреть традиционные подходы к прогнозированию полезных ископаемых.

Мировой опыт использования методов ДЗЗ доказал свою эффективность, на примере поиска медно-порфировых, золотых и других месторождений в Иране, Аргентине, Китае, США, Канаде и тд. Во всем мире подготовительный этап включает в себя методы ДЗЗ в области ГРП, однако в России пока отстаёт. Используются бесплатные космические снимки ASTER, Landsat ETM+, Landsat-8, которые относительно недавно стали общедоступные, кроме того, эти данные хорошо зарекомендовали себя в области геологии.

Были изучены методы спектральные и субпиксельного анализов: анализ главных компонентов (Principal Components); Метод спектрального угла (Spectral Angle Mapper); Minimum Noise Fraction; Pixel Purity Index; Multi range spectral feature fitting (MRSFF), структурное дешифрирование, расчёт минералогических индексов. Нужна обязательная полевая проверка, т.к. каждый метод позволяет определить группы минералов с определенной точностью.

Данные методы использовались в комплексе с традиционными геологическими методами, что позволило значительно сократить сроки работ и снизить затраты на ГРП.

На основе изучения эталонных полей разработаны методы комплексного анализа материалов космической (в том числе радарной), гравиметрической и магнитометрической съемки для выявления закономерностей размещения оруденения.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
------------------	---

АЛМАЗЫ

Афанасьев В.П., Похиленко Н.П. (ФГБУ ИГМ СО РАН) СТРУКТУРА АЛМАЗОНОСНОСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКА КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ	4
--	---

Ащепков И.В., Логвинова А.М., Афанасьев В.П. (ФГБУ ИГМ СО РАН), Иванов А.С., Толстов А.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОНОМИНЕРАЛЬНОЙ ОКСИ И ТЕРМОБАРОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ	5
---	---

Бабаянц П.С., Калмыков Б.А., Контарович О.Р., Трусов А.А. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика») СОВРЕМЕННЫЕ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОИСКАХ КИМБЕРЛИТОВ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ	6
---	---

Богуш И.Н., Кедрова Т.В., Липашова А.Н. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ГЕНЕЗИС АЛМАЗОВ ДОДЕКАЭДРОИДНОГО ГАБИТУСА П РАЗНОВИДНОСТИ	7
--	---

Божко Н.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова) НАПРАВЛЕННОСТЬ И ЦИКЛИЧНОСТЬ В ЭВОЛЮЦИИ АЛМАЗОНОСНОГО МАГМАТИЗМА.....	8
--	---

Волоковых Т.С. (Минлеспром АО) О НЕОБХОДИМОСТИ И ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРАХ ФИНАНСОВОЙ И АДМИНИСТРАТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ	9
--	---

Воробьев Ю.В., Кузовенков А.Д., Самсонкин А.В. (ООО «СЗГТК «Геокомплекс»), Пичугин С.В. (ООО «ОЗГЕО») ЭФФЕКТ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ НАД АЛМАЗОНОСНЫМИ КИМБЕРЛИТАМИ АНГОЛЫ.....	10
--	----

Голубев Ю.К., Колесникова Т.И., Голубев С.Ю., Орлов М.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») АНАЛИЗ ОБОСНОВАННОСТИ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ АЛМАЗОВ КАТЕГОРИИ P ₃ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	11
---	----

Голубев Ю.К., Прусакова Н.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Лукьянова Л.И. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Голубева Ю.Ю., Загайный А.К., Громцев К.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») СОСТОЯНИЕ МСБ АЛМАЗОВ РФ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	12
---	----

Голубева Ю.Ю. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Каргин А.В. (ИГЕМ РАН) ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИМБЕРЛИТОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АЛМАЗОНОСНОСТИ.....	13
Горев Н.И. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ОБРАЗОВАНИЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ДИАТРЕМ – К ПРОБЛЕМЕ О СКОРОСТИ ВНЕДРЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВОЙ МАГМЫ.....	14
Зинчук Н.Н. (Западно-Якутский научный центр АН РС (Я)) О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОИСКОВ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ.....	15
Зинчук М.Н., Зинчук Н.Н. (Западно-Якутский научный центр АН РС(Я)) О ГЕОЛОГО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ ОСОБЕННОСТЯХ КИМБЕРЛИТОВ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ИХ МИНЕРАГЕНИИ.....	16
Иванов А.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ПИРОПЫ ЛИЛОВЫХ ЦВЕТОВ ОКРАСОК ИЗ НЕАЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ.....	17
Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. (АК «АЛРОСА» (ПАО)) КОРЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ: ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ.....	18
Иванов М.А. (Институт криминалистики ФСБ России), Соломонов В.И., Спирина А.В. (ФГБУ Институт электрофизики УрО РАН) НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТНЫХ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ.....	19
Игнатов П.А. (МГРИ), Колесник А.Ю. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)), Мальцев М.В. (ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)) ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СТРУКТУР, ВМЕЩАЮЩИХ КИМБЕРЛИТЫ СЮЛЬДЮКАРСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ ЯКУТИИ.....	20
Каминский Ф.В. (ГЕОХИ РАН) СЛОИСТАЯ СИСТЕМА ПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ КИМБЕРЛИТОВ ГУАНИАМО В ВЕНЕСУЭЛЕ – НОВЫЙ ТИП АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	21
Константинов К.М. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), ФГБУ ИЗК СО РАН), Макаров А.А. (ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)) ПОИСК КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ АНОМАЛИЯМ СТРУКТУРНОГО ТИПА.....	22
Константинов К.М. (НИГП АК «АЛРОСА»(ПАО), ФГБУ ИЗК СО РАН), Томшин М.Д. (ФГБУ ИГАБМ СО РАН), Яковлев А.А. (ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)), Хороших М.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)), Кузина Д. М. (ФГБУ КФУ),	

Константинов И.К. (ФГБУ ИЗК СО РАН) РОЛЬ ПЕТРО- И ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ В ПОСТРОЕНИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗА ТРУБКИ НЮРБИНСКАЯ.....	23
Кривицкий В.А. (Музей Землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова), Старостин В.И. (МГУ им. М.В. Ломоносова) КОНЦЕПЦИЯ КЛАСТЕРНОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МИНЕРАГЕНИИ И ФОРМИРОВАНИЕ КИМБЕРЛИТОВ.....	24
Криулина Г.Ю., Вяткин С.В., Коногорова Д.В., Гаранин В.К. (МГУ им. М.В. Ломоносова) СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗОВ ТРУБКИ УДАЧНАЯ КАРЬЕРНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ.....	25
Лаптев М.М., Грачев А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД ЗИМНЕГО БЕРЕГА В СВЯЗИ С ПРОЯВЛЕНИЕМ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ В ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ..	26
Лисковая Л.В., Ковальчук О.Е., Помазанский Б.С., (НИГП АК «АЛРОСА (ПАО)), Игнатов П.А., Ходня М.С. (МГРИ-РГГУ) ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ВТОРИЧНОЙ ПОСТМАГМАТИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ).....	27
Лобкова Л.П. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Кукуй И.М. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)), Устинов В.Н. (АО «АГД ДАЙМОНДС») ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА СРЕДНЕРИФЕЙСКИХ ДАЙКОВЫХ ПОРОД КОСТОМУКШСКОГО ПОЛЯ.....	28
Мальцев М.В., Разумов А.Н. (Вилуйская ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)), Толстов А.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ СЮЛЬДЮКАРСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ТЕЛА, ЫГЫАТТИНСКИЙ РАЙОН (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ).....	30
Микоев И.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ.....	30
Мясников Ф.В. (пенсионер) ГЛУБИННЫЕ КРИТЕРИИ СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.....	32
Мясников Ф.В. (пенсионер) О ТЕКТОНИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ МИРНИНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.....	33

Николаева Э.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИИ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ КИМОЗЕРСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ, КАРЕЛИЯ.	34
Пенделяк Р.Н., Морозов А.В., Могутова В.А. (АО «АГД ДАЙМОНДС») ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТРУБКИ ИМ. В.ГРИБА И ЕЁ ИНДИКАТОРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ.	36
Подвысоцкий В.Т., Остафийчук Н.Н. (ЖГТУ, Украина) ДРЕВНИЕ АЛМАЗОНОСНЫЕ КОНГЛОМЕРАТЫ РАЙОНА ДИАМАНТИНА, ШТАТ МИНАС-ЖЕРАЙС, БРАЗИЛИЯ.	37
Похиленко Н.П., Афанасьев В.П., Агашев А.М., Похиленко Л.Н. (ФГБУ ИГМ СО РАН) ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ КИМБЕРЛИТОВ, ПРОЯВЛЕННЫХ НА ЕЕ ТЕРРИТОРИИ.	38
Проценко Е.В., Горев Н.И. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЕЙ ВИЛЮЙСКО-МАРХИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.	39
Прусакова Н.А., Громцев К.В., Лаптев М.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ БЕЛОМОРСКО-ЛАПЛАНДСКОГО ГРАНУЛИТО-ГНЕЙСОВОГО ПОЯСА В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ПЕРСПЕКТИВ ЕГО АЛМАЗОНОСНОСТИ.	40
Ратьков С.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ГРУППЫ АК «АЛРОСА».	41
Саблуков С.М., Саблукова Л.И. (ООО ИНПК «РУСГЕО»), Карпенко М.А. (Нюрбинский ГОК АК «АЛРОСА» (ПАО)), Килижеков О.К. (Ботуобинская ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО)) СЛОЖНОПОСТРОЕННЫЕ ЗРЕЛЫЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КИМБЕРЛИТОВ, РОССЫПИ И ПЕРСПЕКТИВЫ АЛМАЗОНОСНОСТИ НАКЫНСКОГО ПОЛЯ (ЯКУТИЯ).	42
Серокуров Ю.Н. (ООО «Институт дистанционного прогноза руд») ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОГНОЗЕ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.	43
Скопенко Н.Ф., Красоткин С.И. (ЗАО КЦ «РОСГЕОФИЗИКА»), Галкин А.С., Широбоков В.Н. (ПАО «Севералмаз»), Кривицкий В.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова) ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙТРОННОЙ СЪЕМКИ НА ЭТАЛОННЫХ ТРУБКАХ ЗИМНЕБЕРЕЖНОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА.	44

Стегницкий Ю.Б. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ВЕЩЕСТВЕННО-ИНДИКАЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК СЕВЕРО-ВОСТОКА АНГОЛЫ.....	46
Тарских О.В., Зайцевский Ф.К. Забелин А.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ВЫДЕЛЕНИЕ «ФОНОВОЙ» ГРУППЫ ГРАНАТОВ В КИМБЕРЛИТАХ И ОРЕОЛАХ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ И НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА	47
Толстов А.В., Проценко Е.В. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ПОДГОТОВКА ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПОИСКОВ НОВЫХ АЛМАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ В ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ	48
Торбунова Е.А., Посухова Т.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова) МИНЕРАЛЫ-СПУТНИКИ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК И СОПУТСТВУЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО БЕЛОМОРЬЯ.....	49
Трусов А.А., Бабаянц П.С., Калмыков Б.А. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика») ВОЗМОЖНОСТИ АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МПП ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ СЛАБОПРОЯВЛЕННЫХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.....	50
Хачатрян Г.К., Колесникова Т.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ОЛИВИНА И ХРОМДИОПСИДА С ПОМОЩЬЮ ИК- ФУРЬЕ МИКРОСКОПА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ШЛИХО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗА.....	51
Хороших М.С. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)), Константинов К.М. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), ФГБУ ИЗК СО РАН), Ибрагимов Ш.З. (ФГБУ ИГНТ КФУ) МИНЕРАЛЫ-НОСИТЕЛИ НАМАГНИЧЕННОСТИ КИМБЕРЛИТОВ, БАЗИТОВ И ТЕРРИГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.....	52
Черешинский А.В. (ФГБОУ ВО «ВГУ») МИНЕРАЛЫ-ИНДИКАТОРЫ КИМБЕРЛИТОВ ИЗ АПТСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ.....	53
Шишмарев Р.А. (НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)) ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЫГЫАТТИНСКОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА МЕТОДОМ АУДИОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ.....	54
Шумилова Т.Г. (ИГ Коми НЦ УрО РАН) СОВРЕМЕННАЯ ПРОБЛЕМА ДОСТОВЕРНОСТИ НАХОДОК АЛМАЗОВ.....	55

Щукина Е.В., Агашев А.М. (ИГМ СО РАН), Щукин В.С. (ООО «Проекс Сервис», АО «АГД Даймондс») ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ НА ЮЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	56
---	----

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Ukraintsev V. Yu., Voskresensky I. S. (Lomonosov Moscow State University) STRUCTURE AND LATE CENOZOIC DEVELOPMENT OF VALLEYS AND GOLD PLACERS AT THE SEVERNYYE UVALY UPLAND.....	58
--	----

Абрамова В.Д. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») АНАЛИЗ МИКРОПРИМЕСЕЙ В СУЛЬФИДАХ МЕТОДОМ ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМЫ С ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ (ЛА ИСП-МС) И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ	59
--	----

Аверьяков Д.Ю. (ТОО «Казцинк»), Лось В.Л. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗОЛОТА НА ВАСИЛЬКОВСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	60
--	----

Агибалов О.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») МОРФОСТРУКТУРНЫЕ И СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА ПРИБРЕЖНЫХ АРКТИЧЕСКИХ РАВНИН ЧУКОТКИ.....	60
---	----

Акимов Г.Ю. (АО «Полиметалл УК») МЕСТОРОЖДЕНИЯ «HIGH-SULFIDATION» ТИПА, КАК ПРОДУКТ НАЛОЖЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ «LOW-SULFIDATION» НА СОЛЬФАТАРНЫЕ КВАРЦИТЫ.....	63
--	----

Алексеев Я.В., Конкина О.М, Пивоварова Т.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МСБ ЗОЛОТА РФ.....	64
---	----

Алимов Ш.П. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ РУД ЗОЛОТА ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА	65
---	----

Алямкин В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО РИФЕЯ В ПРЕДЕЛАХ ЗЫРЯНОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ).....	66
---	----

Аристов В.В., Мурашов К.В., Сидорова Н.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИМПИЧЕ (ЯКУТИЯ, АРКТИЧЕСКАЯ ЗОНА РОССИИ).....	67
---	----

Афанасьева Е.Н., Миронов Ю.Б. (ФГБУ «ВСЕГЕИ») ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В КУОЛАЯРВИНСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ).	.68
Багатаев Р.М. (ГАОУ ВО «ДГУНХ») РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА РУДНОЕ ЗОЛОТО В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА.	.69
Бакшеев Н.А. (АО «СНИИГГиМС») ПРИЗНАКИ И КРИТЕРИИ ПОИСКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СКОПЛЕНИЙ ЗОЛОТА В ЕГОРЬЕВСКОМ РУДНО-РОССЫПНОМ РАЙОНЕ (САЛАИРСКИЙ КРЯЖ).	.70
Барышев А.Н., Хачатрян Г.К. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРИРОДА И ПОЗИЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО – АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАГЕНИИ В ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ МОДЕЛЯХ	.71
Безруков В.И. (ФГБУ «ВСЕГЕИ») ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ (РОССИЙСКОЙ) ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА.	.72
Бондаренко Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Утенков В.А. (МГРИ-РГГРУ), Пачерский Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ВЗАИМОСВЯЗЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕТРЕНСКОЕ С ГРАНИТОИДНЫМ МАГМАТИЗМОМ И ЕГО РУДНО- ФОРМАЦИОННЫЙ ТИП.	.73
Брысин М.П., Третьякова И.Г., Бондаренко Н.В (ФГБУ «ЦНИГРИ») МОРФОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА САМОРОДНОЙ ПЛАТИНЫ РОССЫПИ РЕКИ ЯМАН-САДРА.	.77
Будяк А.Е., Тарасова Ю.И., Гареев Б.И. (ФГБУН ИГХ СО РАН) РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В КОНЦЕНТРАЦИИ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ.	.79
Ванин В.А. (Институт земной коры СО РАН) ПРОГНОЗ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ МЕТОДОВ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОЛЕЦ ВЫСОЧАЙШИЙ В СЕВЕРНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ).	.80
Васюков В.Е., Шумилин Д.А., Артемова О.А., Селиванов П.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ИОННО-СОРБЦИОННОГО МЕТОДА НА МАЛМЫЖСКОМ ЗОЛОТО-МЕДНОПОРФИРОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.	.81

Виленина Ю.В., Васюта Ю.В., Лоренц Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО- КВАРЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЗОЛОТОГОРСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЧУКОТКА).....	82
Витковская Л.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О СОСТОЯНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СЕРЕБРА РФ.....	83
Волков А.В., Галямов А.Л., Сидоров А.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И ДРУГИХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ.....	84
Гвоздева И.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Шкурский Б.Б. (МГУ им. М.В. Ломоносова), Бондаренко Н.В., Селиванов П.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЙ ЗОЛОТА АНЗАС-КИЗАССКОЙ ПЛОЩАДИ (РЕСПУБЛИКА ХАКАССИЯ).....	85
Говоруха Р.В., Вяльцев А.С. (АО «Полиметалл УК») СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ В КОМПАНИИ ПОЛИМЕТАЛЛ.....	86
Далимов Р.Т., Курбанов А.А., Есенбаев А.Г., Илешов К.М. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) ДОКЕМБРИЙСКОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ПСКЕМСКОГО ХРЕБТА (СРЕДИННЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ).....	87
Дамдинов Б.Б. (ФБГУН ГИН СО РАН) ПЛУТОНОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА: МИНЕРАЛЬНЫЕ ТИПЫ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ.....	88
Двуреченская С.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Туаев О.П. (АО «Росгеология») МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-КВАРЦ-СУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАКАДУР-ЛАМАРДОНСКОЙ ЗОНЫ (РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ).....	89
Дементеев Л.И., Головкин А.В. (ГП «Центральная ГГЭ», Узбекистан) КОМПЛЕКСНОЕ ГИДРОГЕННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ УЧАСТКА БАБАТАГ (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН).....	90
Диваев Ф.К., Мамиров Б.Р., Хажигаев П.Б., Далимов Н.Р. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) КОМПЛЕКСНЫЕ ПОИСКИ ГЛУБОКОПЕРЕКРЫТОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ВОСТОЧНОМ ФЛАНГЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАРМИТАН (ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН).....	91

Дьячков Б.А., Мизерная М.А., Кузьмина О.Н., Зимановская Н.А., (Восточно-Казахстанский государственный технический университет), Мирошникова А.П. (филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет») НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКА ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА...	93
Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Рустамжонов Р.Р., Холиеров А.Т. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА (Cu, Au, Mo).....	94
Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Рустамжонов Р.Р., Холиеров А.Т. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЫЗЫЛАЛМАСАЙ.....	95
Жумадилова Д.В., Прокопьев И.Р. (ИГМ СО РАН, НГУ), Дорошкевич А.Г. (ИГМ, ГИН СО РАН, ТГУ), Кравченко А.А. (ИГАБМ СО РАН, СВФУ им. М.К. Аммосова), Кардаш Е.А. (АО «Якутскгеология») ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВЕРХНЕ-АМГИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ, ЯКУТИЯ).....	96
Захаров И.О., Видавский В.В., Самойленко М.В., Нигмаджанов Т.И., Бондаренко Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ВЕТРЕНСКОЕ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ.....	97
Зубова Т.П. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ ГИДРОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ КАК ПОИСКОВЫЙ ПРИЗНАК ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ.....	99
Иванов А.И., Черных А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА РУДНОЕ ЗОЛОТО ПО ЗАЯВИТЕЛЬНМУ ПРИНЦИПУ – СЛОЖНОСТИ, РИСКИ И НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ.....	100
Исоков М.У., Акабиров А.М. (ИГиГ им. Х.М. Абдуллаева) ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ЗОЛОТО ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ В ГОРАХ АРИСТАНТАУ (ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН).....	101
Кайгородова Е.Н. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») РУДНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАДУЖНОЕ (КБР, РОССИЯ).....	102

Каландарова Е.А., Исаева Е.П., Палкина А.И., Мазуркевич К.Н. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Глотов С.П. (ООО «Аккаргинский») НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПЛАТИНОНОСНОСТИ МАССИВОВ Г. СМОРОДИНКА И ПРОВАЛЬНИНСКОГО (ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТ ГК-1000/3 ЛИСТА Q-58 (АЛИСКЕРОВО).....	103
Коваленкер В.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») ТИПОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОНАЛЬНОСТИ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ИХ ЗОЛОТОПРОДУКТИВНОСТИ	104
Конкин В.Д, Иванов А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Агеев Ю.Л. (ООО «СибГК») ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ ОБСТАНОВКИ НАХОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ОЛОКИТО-СЮЛЬБАНСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)	106
Конкин В.Д. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Шеметов В.А., Матвейчук А.А. (АО «Иркутскгеофизика») ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПОЛЕЙ МАМСКОГО И МУКАДЕКСКОГО ЗОЛОТОРУДНЫХ УЗЛОВ	107
Котов А.А., Мурашов К.Ю. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ ГЛУБИННОСТИ ЗАЛЕГАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В КРОПОТКИНСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ (БОДАЙБИНСКИЙ РАЙОН).....	108
Краснов А.Н., Яблокова С.В., Иванов Н.М., Филиппов В.П. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РОССЫПНОЕ ЗОЛОТО РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	109
Кряжев С.Г. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТО-ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩАХ.....	111
Кузьменко А.А. (Уральский филиал АО «Полиметалл УК») ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО АПРОБАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ НА САЛДИНСКОМ УЧАСТКЕ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	112
Лебедев В.И., Боровиков А.А., Гущина Л.В., Шабалин С.И. (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск) ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ РУДООБРАЗОВАНИЯ NI-CO-AS ($\pm$ U-AG), CO-S-AS ($\pm$ AU-W), CU-CO-AS ($\pm$ SB-AG) МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	113
Лежнин А.А. (АО «ЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ»), Фишкин О.Н. (ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ») ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ХОГГАРА.....	114

Лоренц Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ И ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ В ПРЕДЕЛАХ МЕЗОЗОЙСКИХ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ЧУКОТКИ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЕВ ПОИСКА И ОЦЕНКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ КУВЕТ-РЫВЕЕМСКОЙ И ЗОЛОТОГОРСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОН.....	115
Мансуров Р.Х., Миляев С.А., Мерзликин А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕДЕНИЯ ПОИСКОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ЕНИСЕЙСКОМ КРЯЖЕ	116
Минькин К.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВУЛКАНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ ВАРИСЦИД ЮЖНОУРАЛЬСКО-ЦЕНТРАЛЬНО- КЫЗЫЛКУМСКОГО РЕГИОНА.....	117
Мовланов Ж.Ж., Турапов М.К., Абдуллаев Л.А., Седельников Л.В. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) КРИТЕРИИ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНЫЙ НУРАТАУ НА ЗОЛОТО.....	118
Молчанов А.В., Терехов А.В., Шатов В.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ») НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЗОЛОТОНОСНОСТИ АДДАНО-СТАНОВОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ РАБОТ	120
Муравьев В.С., Гвоздева И.А., Бондаренко Н.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАРТИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (ДЗЗ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА ЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ.....	123
Наталевич О.А. (ООО «Верданди») ПРОГНОЗ ЛОКАЦИИ СЛЕПОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ 3D МОДЕЛИ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	125
Наумов Е.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Пальянова Г.А. (ФГБУН «ИГМ СО РАН»), Войтенко В.Н. (ООО «Геологический центр СПбГУ») ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	126

Несмеянова А.И. (ФГБУ «ВИМС») ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-РЕДКОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С ГРАНИТОИДНЫМИ ИНТРУЗИЯМИ ИНЬЯЛИ-ДЕБИНСКОГО СИКЛИНОРИЯ (ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЫМСКИЙ РАЙОН).	127
Николаев Ю.Н., Калько И. А., Бакшеев И.А., Аплеталин А.В., Власов Е.А., Хабибуллина Ю.Н., Джеджея Г.Т. (МГУ им. М.В. Ломоносова) ЗОЛОТО СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОЛОЙСКОЙ ЗОНЫ И ЕЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ.	128
Окулов А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ТЕКСТУРНО- СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ИЗ РУДНОЙ ЗОНЫ СТЕРЖНЕВАЯ (ФЕДОРОВСКОЕ-1 МЕСТОРОЖДЕНИЕ, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ).	129
Петрушков Б.С., Шнейдер А.Г., Проскурнин В.Ф., Гавриш А.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Тарасов А.В., Гурин Г.В. (ООО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика»), Туровский Д.С., Лоренц Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ КРУПНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ СВЕТЛИНСКОЙ ПЛОЩАДИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ТАЙМЫРА (РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ РАБОТ).	130
Петухов А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ.	131
Пирназаров М.М., Маринова С.Т., Мирабдуллаев А.Х. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз) ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ.	132
Проскурнин В.Ф., Петров О.В., (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Романов А.П. (КНИИГиМС), Курбатов И.И. (Центрсибнедра), Гавриш А.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ») ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИЙ МЕДНО-МОЛИБДЕН-ПОРФИРОВЫЙ ПОЯС ТАЙМЫРА И СЕВЕРНОЙ ЗЕМЛИ.	133
Разумный А.В., Исаева Е.П., Марковский Б.А., Мазуркевич К.Н. (ФГБУ «ВСЕГЕИ») ГЛАВНЫЕ ЭТАПЫ РУДООБРАЗОВАНИЯ ЧУКОТСКО-КОРЯКСКО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА.	134
Раков Л.Т., Прокофьев В.Ю., Коваленкер В.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»), Зорина Л.Д. (ИГ СО РАН) ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ ЗОН В КВАРЦЕ.	136

Савчук Ю.С. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») О ДВУХ ТИПАХ ОРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА.....	137
Самойленко М.В., Пачерский Н.В., Захаров И.О., Нигмаджанов Т.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ВЕТРЕНСКОЙ ПЛОЩАДИ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ УЧАСТКОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ПОИСКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ.....	138
Сафонов Ю.Г. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»), Вихтер Б.Я. (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Котов А.А. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	139
Столяренко В.В., Минин А.Н., Рябошапко А.Г., Минаева С.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ВЛИЯНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ВОЗРАСТА НА ДАННЫЕ ГЕОХИМИЧЕ-СКОГО ОПРОБОВАНИЯ.....	140
Тарасова Ю.И., Будяк А.Е., Гареев Б.И. (ФГБУН ИГХ СО РАН) МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРАСНОЕ (БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, РОССИЯ).....	141
Филиппов В.П., Краснов А.Н, Иванов Н.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РОССЫПНОЕ ЗОЛОТО БАРКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ – РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МСБ ТАЙМЫРО-СЕВЕРОЗЕМЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ).....	142
Фишкин О.Н., Арифлулов Ч.Х. (ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ»), Арифлулов Р.Ч. (филиал ГУ «РОСГЕО»), Э.Батболд (АРВИН ЦАЙДАМ, Монголия) ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ТУРГЕНСКОЙ ПЛОЩАДИ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ МОНГОЛИИ.....	143
Фридовский В.Ю. (ИГАБМ СО РАН), Полуфунтикова Л.И. (СВФУ им. М.К. Аммосова), Кудрин М.В. (ИГАБМ СО РАН) ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЯНО-КОЛЫМСКОГО МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО ПОЯСА: ГЕОЛОГИЯ, ГЕОХРОНОЛОГИЯ, УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ.....	145
Хасанов В.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОНОСНЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН МАРОКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ).....	146

Хворостов В.П. (GV Gold) ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЛЕПОГО ОРУДЕНЕНИЯ СУХОЛОЖСКОГО ТИПА НА МОРДОВСКОЙ ПЛОЩАДИ В СУХОЛОЖСКО-ХОМОЛХИНСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ, ВБЛИЗИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПАО «ВЫСОЧАЙШИЙ», ПАО «ПОЛЮС».....	148
Хворостов В.П. (GV Gold), Мельников Д.В. (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН) ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ТИП «НС» ЗОЛОТОРУДНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА КАМЧАТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КА «TERRA» И МУЛЬТИСПЕКТРОМЕТРА ASTER (НА ПРИМЕРЕ МАЛЕТОВЯМСКОЙ, ВЕТРОВАЯМСКОЙ, СЕЭРОВАЯМСКОЙ И ДРУГИХ ПЛОЩАДЕЙ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ)	149
Хворостов В.П., Барышников В.В., Хворостов О.В. (GV Gold) ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ PRABU HILLS, SONGKANG В МАГМАТИЧЕСКОЙ ДУГЕ СУНДА-БАНДА НА ОСТРОВЕ ЛОМБОК (ИНДОНЕЗИЯ) С ПРОГНОЗОМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИРОВОГО КЛАССА AU-AG И AU-CU ПОРФИРОВОГО ТИПА.....	150
Черных А.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАЛЕДОНИД ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ (АССО).....	151
Черных А.И., Миляев С.А., Брысин М.П., Гвоздева И.А., Арсентьева И.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИОННО-СОРБЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (КАЛАРСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ, ГОРНАЯ ШОРИЯ)	152
Чиждова И.А., Волков А.В., Лобанов К.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ЭКСПРЕСС ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ПОИСКОВЫХ РАБОТ.....	154
Чикатуева В.Ю. (ООО «Институт геотехнологий») КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УЧАСТКА ЗОЛОТОРУДНОГО ШТОКВЕРКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДРАЖНОЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ БУРЕНИЯ ОРИЕНТИРОВАННОГО КЕРНА.....	155
Шаповалов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПАХ СОБСТВЕННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РФ.....	156
Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А. (МГРИ-РГГРУ) ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЗОЛОТОНОСНЫЕ ВЕЩЕСТВЕННО-СТРУКТУРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГОРНЫХ ПОРОД ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНИ ЕГИПТА.....	157

**Шодиев З.Б. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)
ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАПАСОВ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
АМАНТАЙТАУ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ГГИС.....158**

**Юдовская М.А. (Университет Витватерсранд, ФБГУН «ИГЕМ РАН»),
Костин Г. (Райс Университет),
Шиловских В.В. (Геомодель РЦ СпбГУ, ИМин УрО РАН),
Чаплыгин И.В., Служеникин С.Ф. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»)
ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ХРОМИТА В ПРОЦЕССАХ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОГО
РУДООБРАЗОВАНИЯ.....159**

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

**Malovichko M.S., Yavich N.B. (Moscow Institute of Physics and Technology, Skolkovo
Institute of Science and Technology), Tarasov A.V. (Saint-Petersburg University)
THREE-DIMENSIONAL ACTIVE-SOURCE ELECTROMAGNETIC methods IN
MINERAL EXPLORATION.....161**

**Алеко С.В., Петухов. А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ Pb-Zn ПРОЯВЛЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ
КАДАИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА.....162**

**Богославец Н.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
ОРУДЕНЕНИЯ НОЙОН-ТОЛОГОЙСКОГО ТИПА В ПРЕДЕЛАХ
АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОГО РУДНОГО УЗЛА.....163**

**Брель А.И. (ОСП «Читагеологоразведка» АО «Сибирское ПГО», АО «Росгео»)
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ ОБЪЕКТАХ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ.....164**

**Воробьев Ю.В., Кузовенков А.Д., Самсонкин А.В. (ООО «СЗГГК «Геокомплекс»)
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
ПРИ ПОИСКАХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД НА ПРИМЕРЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА И НОВОЙ ЗЕМЛИ.....165**

**Гирфанов М.М., Андреев А.В., Авилова О.В., Старостин И.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ
МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ ОБЪЕКТОВ КЫЗЫКЧАДРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ
(РЕСПУБЛИКА ТЫВА).....166**

**Зайцева М.Н., Инякин А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ»)
ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И
ОСНОВЫ ИХ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ.....167**

Звездов В.С., Чурилова Т.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ И СТРОЕНИЕ МЕДНОПОРФИРОВЫХ ШТОКВЕРКОВ.....	168
Звездов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ КРУПНЫХ И СВЕРХКРУПНЫХ МЕДНОПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	171
Инякин А.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ САЛАИРСКО-КАМЕНУШИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, САЛАИРСКИЙ КРЯЖ... 	173
Истомин В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЛИТИЙ – ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛ ХХІ ВЕКА.....	174
Корчагина Д.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ.....	175
Кудрявцева Н.Г., Кузнецов В.В., Серавина Т.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ РУДНОГО АЛТАЯ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ.....	176
Кузнецов В.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРОГНОЗ И ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА В ВУЛКАНОГЕННЫХ АССОЦИАЦИЯХ (VMS).....	178
Кузнецова С.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ТРУБЫ ПАЛЕОЗОЙСКИХ «КУРИЛЬЩИКОВ» В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПОСТРОЙКАХ НА ЗАПАДНОМ ФЛАНГЕ ЗАХАРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РУДНЫЙ АЛТАЙ).....	180
Лаломов А.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ БЛИЖНЕГО СНОСА И СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА РОССЫПНОГО ПОТЕНЦИАЛА.....	181
Лобанов К.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»), Жиров Д.В. (ГИ КНЦ РАН), Чичеров М.В. (ФБГУН «ИГЕМ РАН») РУДОНОСНЫЕ СТРУКТУРЫ ПЕЧЕНГСКОГО РУДНОГО РАЙОНА.....	182
Лось В.Л. (АМР РК, Казахстан), Гольдберг И.С. (Interesources Pty Ltd, Австралия) БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ, МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРОГРАММА ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ IONEX В КАЗАХСТАНЕ.....	183

Мигачев И.Ф., Звездов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ АНДЕЗИТОИДНЫХ И БАЗАЛЬТОИДНЫХ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ С МЕДНОПОРФИРОВЫМ ОРУДЕНИЕМ.	185
Миляев С.А., Кряжев С.Г., Виленкина Ю.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПОИСКОВО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАЛОЖЕННЫХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ СКРЫТЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.	187
Минина О.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РУДОНОСНЫЕ ПЛУТОНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.	189
Мурзин О.В., Мурзина Н.М. (АО «СНИИГГиМС», АО «Росгео») ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ САЛАИРСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.	191
Никешин Ю.В., Татарко Н.И., Двуреченская С.С., Алямки В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ВУЛКАНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЮЖНО-ПОДОЛЬСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ (предварительные данные)	192
Никешин Ю.В., Тучина М.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЛОЩАДНАЯ УДЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПО МЕДИ КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ ЮЖНОГО УРАЛА (применительно к различным типам месторождений).	193
Разиков О.Т. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз), Хошжанова К.К. (НУУз) НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ В ГОРАХ КУЛЬДЖУКТАУ.	194
Сенкевич В.С. (ООО «Сибгеоконсалтинг») ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ БУРЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ НА ФЛАНГАХ МУЛИНСКОЙ ВПАДИНЫ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ).	195
Серавина Т.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА.	196
Серавина Т.В., Кузнецова Т.П., Кузнецов В.В., Богославец Н.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИАРГУНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.	198

Старостин И.А., Авилова О.В., Андреев А.В., Гирфанов М.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ КЫЗЫК-ЧАДР (РЕСПУБЛИКА ТЫВА).....	200
Стороженко А.А., Васильев Н.Ф., Дмитриев Г.А., Юрмазов Д.Н, Москалев В.А., Касикова Т.И., Меринов С.А., Ахмедов Н.А., Курбатова Н.С. (АО «Сибирское ПГО», АО «Росгео») ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СУХОПИТСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ).....	201
Сучков А.В. (ФГБУ «ВИМС»), Выдрич Д.Е (ФГБУ «ВИМС») ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ С ЗОЛОТОМ И ВАНАДИЕМ В УГЛЕРОДИСТО-КРЕМНИСТЫХ СЛАНЦАХ СЕЙБИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ВОСТОЧНЫЕ САЯНЫ).....	202
Татарко Н.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») КОЛЧЕДАНОНОСНЫЕ УРОВНИ СИБАЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИХ РУДНОГО ПОТЕНЦИАЛА (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН).....	203
Тучина М.В., Алексеев Я.В., Ермакова Ю.В. (ФГБУ «ЦНИГРИ») СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА.....	204
Филатова Л.К., Филатов Е.И. (ФГБУ «ЦНИГРИ») КРЕМНЕКИСЛЫЕ ВУЛКАНИТЫ КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ ФОРМАЦИЙ ФАНЕРОЗОЯ.....	205
Хачатуров М.М., Зайцева М.Н. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ АНГАРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА.....	206

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Алексеев Я.В., Калита В.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ СО СТРАНАМИ ЕАЭС (ТАМОЖЕННЫЙ СОЮЗ) В ОСВОЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МСБ АБЦМ.....	208
Анисимова А.Б. (ФГБУ «Росгеолфонд») ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАДАСТР МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ КАК ЕДИНЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ О ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСАХ.....	209

Антонец А.В., Вахрушев А.М., Муравьев В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО ПРИВЯЗАННОЙ СХЕМЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РФ В ГИС-ФОРМАТЕ.....	210
Вахрушев А.М., Муравьев В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ (ГСК-2011) ПРИ РАБОТАХ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ, ФОРМИРОВАНИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА И ТРЕБОВАНИЙ К ФУНКЦИОНАЛУ ГИС.....	211
Галямов А.Л., Волков А.В., Лобанов К.В. (ФГБУН «ИГЕМ РАН») ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ АРЕАЛОВ МАГМАТИЗМА И ОРУДЕНЕНИЯ В АРКТИКЕ.....	212
Гирфанов М.М., Котельников Е.Е. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ УСПЕШНОСТИ ВЕДУЩИХ ГОРНОРУДНЫХ КОМПАНИЙ.....	213
Гонгальский Б.И., Волков А.В., Сафонов Ю.Г., Галямов А.Л. (ФБГУН «ИГЕМ РАН»), Тимашков А.Н. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), Павлович Г.Д. (МГРИ-РГГРУ) ЧАСТНО-ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА БАЗЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОДАРО-УДОКАНСКОГО ЦЕНТРА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ.....	214
Елшина С.Л., Иваненкова Е.В., Конкина А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ГРР НА ПРИМЕРЕ ПРИАРУНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.....	215
Ермолаев Г.С., Пузиков А.Н., Сущинский Л.С., Тиляева Г.С. Фимушкин Л.И., Цой В.Г. НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА В РАСФОРМИРОВАНИИ РУДОНОСНЫХ СТРУКТУР ТЯНЬ-ШАНЯ.....	216
Заернюк В.М., Борисович В.Т. (МГРИ-РГГРУ) ТЕНДЕНЦИИ И ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ВОЗВРАЩЕНИИ ЗОЛОТА В ФИНАНСОВУЮ СИСТЕМУ.....	218
Карпухина М.В., Лошакова А.С., Фролова А.С., Харченко Т.Н., Хромов В.М. (ФГБУ «ЦНИГРИ») СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ (ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ) ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АБЦМ РФ.....	219

Конышев В.О. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЮЧУС В АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ.....	220
Конышев В.О. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О ТЕМПАХ ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУХОЙ ЛОГ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	223
Конышев В.О., Пивоварова Т.А., Тучина М.В., Шаповалов В.С. (ФГБУ «ЦНИГРИ») О СОСТОЯНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА В ОСНОВНЫХ ЗОЛОДОБЫВАЮЩИХ СУБЪЕКТАХ СИБИРИ.....	225
Красносельских А.А., Голенев В.Б., Ермакова Ю.В., Куликов Д.А., Тарасов А.С., Черемисин А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») ИТОГИ АПРОБАЦИИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ (ЗОЛОТО, СЕРЕБРО, МПГ) И ЦВЕТНЫХ (МЕДЬ, НИКЕЛЬ, СВИНЕЦ, ЦИНК) МЕТАЛЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, ЗАВЕРШЕННЫХ В 2018 ГОДУ.....	226
Кривонос А.С. (ООО «Анакон») ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ «ROCKLABS» В ПОДГОТОВКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ.....	227
Кузнецов В.М. (ФГБУ «ВСЕГЕИ») МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЮГА ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ОБРАМЛЕНИЯ. ГЛАВНЫЕ ЭПОХИ РУДООБРАЗОВАНИЯ.....	227
Куликов Д.А. Красносельских А.А. (ФГБУ «ЦНИГРИ») РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ АБЦМ» 2019 г.....	228
Тарасов А.В. (ООО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика»), Гоглев В.А. (ООО «Геоскан») РАЗНОВЫСОТНАЯ АЭРОМАГНИТНАЯ СЪЕМКА С БПЛА КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОИСКОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТОРАЗВЕДКИ.....	229
Хворостов В.П. (GV Gold) ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСКОРЕНИЮ НАЧАЛА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СУХОЛОЖСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, С ЗАГРУЗКОЙ МОЩНОСТЕЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЗИФ-2, 3, 5 ПАО «ВЫСОЧАЙШИЙ».....	230
Шемякина Е.М. (МГУ им. Ломоносова), Починалин П.А. (ООО «ИНННОТЕР») ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ.....	231