

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА ДВО РАН (ИГД ДВО РАН)**

Основные научные результаты в 2015 г.

Геомеханика: Получены новые экспериментальные данные о процессах подготовки и механизме крупного геодинамического явления в массиве Николаевского полиметаллического месторождения, произошедшего 05.10.2015 г. на глубине 750 м от поверхности и сопровождавшегося многочисленными разрушениями горных выработок и сейсмическими событиями (рис. 1). Установлена взаимосвязь геодинамической активизации участка залежи с особенностями природно-технической системы месторождения, характеризующейся сложной тектонической структурой и наличием большого объема выработанных пространств, и закономерностями формирования техногенного поля напряжений в разрабатываемом массиве горных пород.

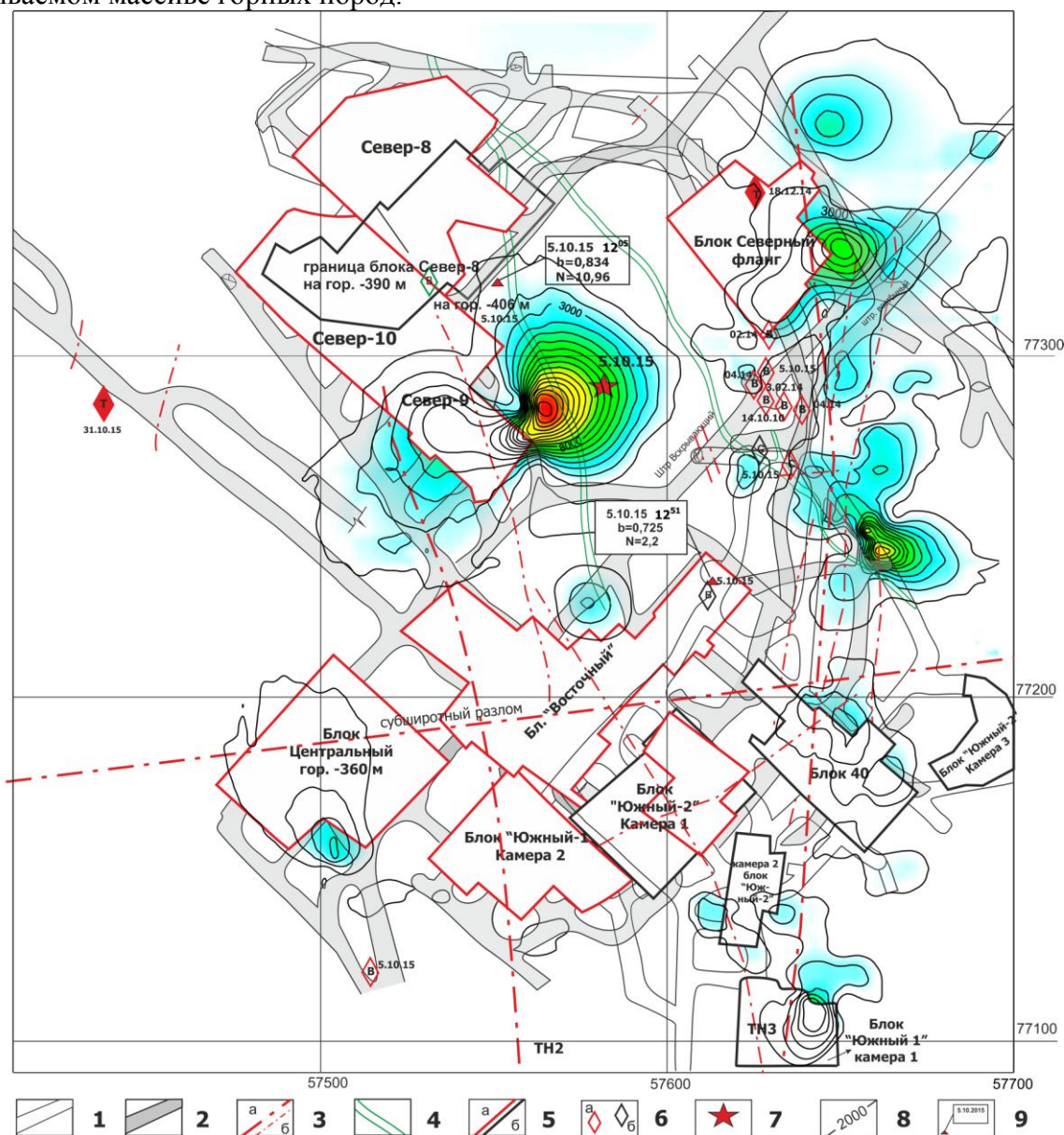


Рис. 1. Сейсмоакустическая активность массива Николаевского месторождения в районе зарегистрированного 05.10.2015 г. геодинамического явления: 1 – выработки гор. -390 м; 2 – выработки гор. -360 м; 3 – тектонические нарушения а) 1-го; б) 2-го порядков; 4 – дайки среднего и основного состава; 5 – выработанное пространство: а) гор. -360 м, б) гор. -390 м; 6 – динамические проявления на: а) гор. -360 м, б) гор. -390 м; 7 – техногенное

землетрясение; 8 – изолинии суммарной энергии АЭ-событий; 9 – места измерения параметров АЭ прибором "Prognoz L".

По этому же направлению: С применением разработанного в ИГД ДВО РАН портативного прибора для оценки удароопасности «Prognoz L» в условиях глубоких горизонтов Николаевского полиметаллического месторождения (Восточное Приморье) получены новые экспериментальные данные о параметрах акустической активности массива горных пород определены критерии его перехода в неустойчивое предразрушающее состояние. Установлено (рис. 2), что признаком удароопасного состояния краевых участков горного массива является его акустическая активизация с параметрами: интенсивность акустической эмиссии (АЭ) $N_1 = 24$ имп./мин.; показатель амплитудного распределения АЭ $b \leq 1$.

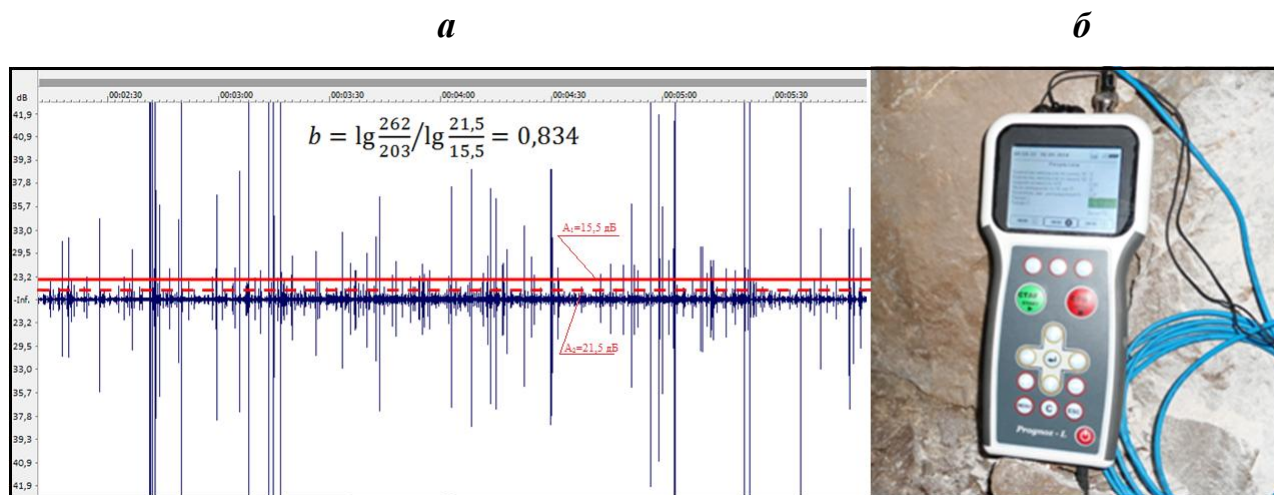
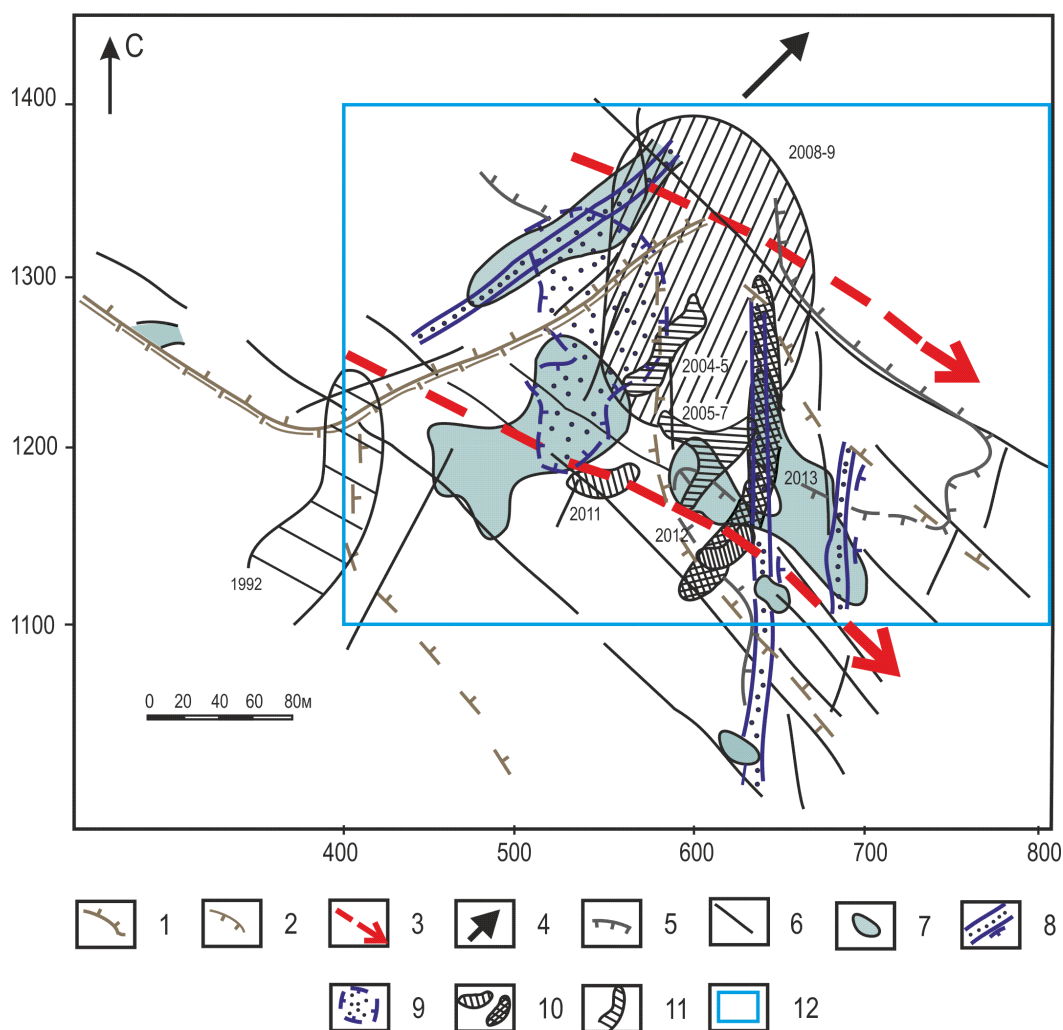


Рис. 2. Результаты измерения параметров АЭ на удароопасном участке Николаевского полиметаллического месторождения (а) с применением прибора «Prognoz L» (б)

По этому же направлению: Расширена наблюдательная сеть (до 12 сейсмопавильонов) и выполнена модернизация микросейсмической системы геомеханического мониторинга «Prognoz-S», установленной в районе месторождений урановых руд ПАО «ППГХО» (г. Краснокаменск). По результатам экспериментальных исследований построена геомеханическая модель геологической среды в контролируемой системой «Prognoz S» зоне, отражающая неоднородность свойств сложноструктурного массива горных пород, и определены значения показателя поглощения энергии сейсмоакустических волн, что повышает точность локации и оценку энергетических характеристик очагов разрушения в рудничном поле.

По этому же направлению: В результате комплексного анализа горно-геологических, геомеханических и морфоструктурных данных построена крупномасштабная модель геоблока, вмещающего опасное по горным ударам Николаевское полиметаллическое месторождение, согласно которой характер современных деформаций геосреды преимущественно определяется архитектурой крупной пластины известняков (олистолита) и окаймляющих его рудовмещающих нижних метасоматитов (рис. 3). Установлена неоднородность поля действующих в горном массиве напряжений, повышенный уровень которых наблюдается на юго-восточном фланге месторождения по мере приближения к крутопадающему ребру олистолита.



1-2 – осевые линии водоразделов рельефа кровли известняков (гребневидные выступы олистолита): 1 – основные, 2 – второстепенные; 3 – направление погружения рудных тел залежи Восток 1; 4 – направление современного горизонтального перемещения рудовмещающего геоблока и главного горизонтального сжатия массива горных пород на горизонте -320 м; 5 – зона резкого понижения абсолютных отметок кровли олистолита известняков; 6 – линейменты рельефа кровли (предполагаемые неотектонические разломы); 7-8 – участки с увеличенной мощностью нижних метасоматитов: 7 – изометричной формы; 8 – линейные (ущелья в теле известняков, заполненные метасоматитами и направления их падения); 9 – позиция нижней кромки восстающего подводящего канала верхних метасоматитов; 10 – результаты сейсмоакустического мониторинга с 2004 по 2014 гг. (штриховкой обозначены аномальные области, выявленные в разные годы, указанные цифрами); 11 – область горно-тектонического удара в 1992 г.; 12 – зона геомеханического мониторинга

Рис. 3. Результаты геодинамического районирования массива Николаевского месторождения, отражающих современную морфологию кровли пластины известняков и тела нижних метасоматитов

Физические и химические процессы разделения, концентрации и переработки минералов: В результате комплексных минералого-технологических исследований обоснован новый для Дальнего Востока промышленный тип золото-платинового оруденения в Южно-Хинганском месторождении марганца. Формирование драгоценных металлов связано с углеродистым метасоматозом. Зерна платины содержат примесь железа, меди, марганца, никеля, осмия и других металлов. Величина зерен золота и платины (рис. 4), их срастания позволяют использовать как традиционные технологические методы, так и ультразвуковую обработку для вскрытия тонковкрапленных кристаллов.

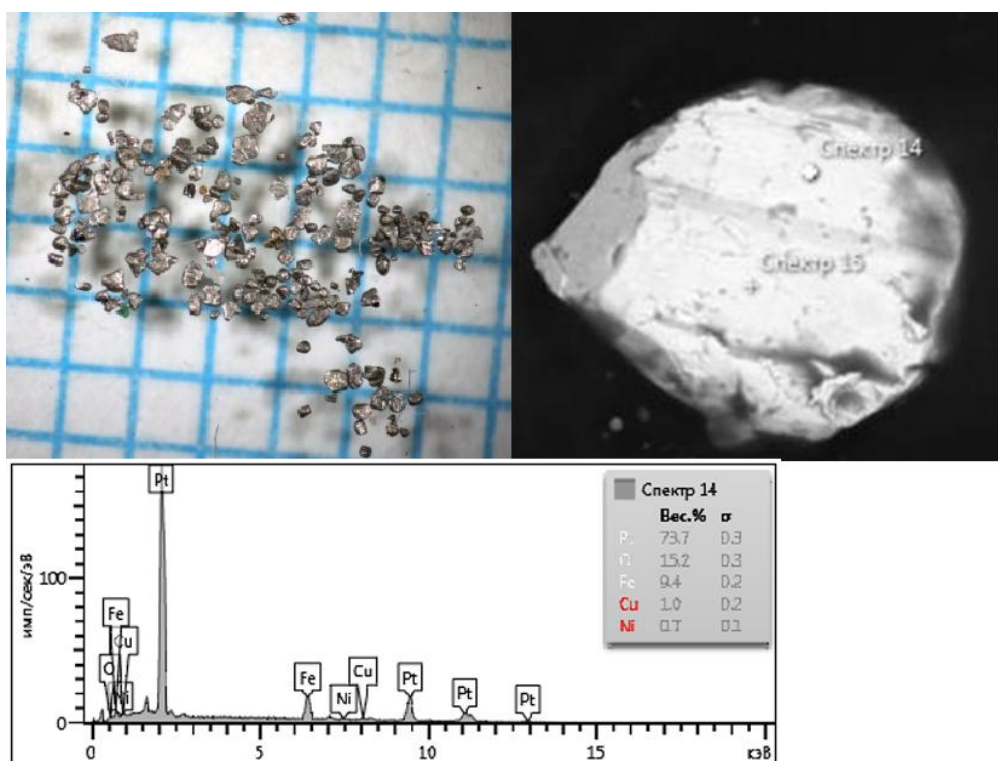


Рис. 4. Зерна платины из карбонатно-магнетитового типа руд, класс крупности - 0,25+0.1 мм (размер решетки – 1 мм), микрофотография зерна платины.

По этому же направлению: Выявлены структурно-текстурные особенности и минеральный состав магнетитовых и гематит-браунитовых руд. Установлена благороднометалльная минерализация, представленная свободным золотом, крупностью менее 0,2 мм, и тонкими включениями золота, платины и серебра в гематитовых и магнетитовых джеспилитах (рис. 5). Разработан комбинированный магнитно-гравитационный способ получения марганцевых концентратов с содержанием 46,5-53,2 % MnO, обогащенных золотом, в составе которого выявлены примеси платины и серебра.

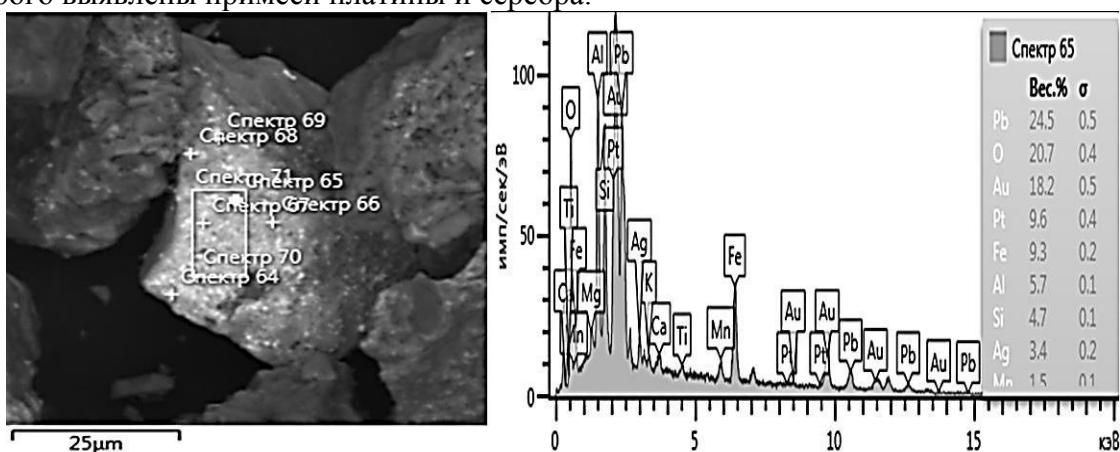


Рис. 5. Включения платины, золота и серебра в джеспилитах (Спектр 65: $Au_{18,2}Pt_{9,6}Ag_{3,4}O_{20,7}Pb_{24,5}Fe_{9,7}Al_{5,7}Si_{4,7}Mn_{1,5}Ti_{0,5}Ca_{0,5}K_{0,5}Mg_{0,5}$).

По этому же направлению: Определены оптимальные параметры высокоградиентной магнитной сепарации при переработке техногенных железосодержащих материалов (размер матрицы, напряженность поля, частота пульсации, расход воды). Теоретически обоснован выбор размера матрицы в конструкции сепаратора для материала тонкого класса крупности. С увеличением толщины стержня растет магнитная область матрицы (отно-

сительно матрицы 1,5 мм) на 0,35 мм для 3 мм матрицы и 0,89 мм для 6 мм матрицы.

По этому же направлению: На основе теоретических обоснований и экспериментальных исследований с использованием иттербиевой оптоволоконной лазерной установки ЛС-06: разработана технологическая схема лазерной минеральной подготовки и первичной переработки техногенного благороднометалльного минерального сырья; установлен характер дифференциации благороднометалльной минеральной среды под воздействием лазерного излучения при выделении в локальных зонах электропроводящих элементов (золота и платины) на поверхности минеральной матрицы; разработана и апробирована методика лазерной модификации поверхности железосодержащих красных шламов (рис. 6).

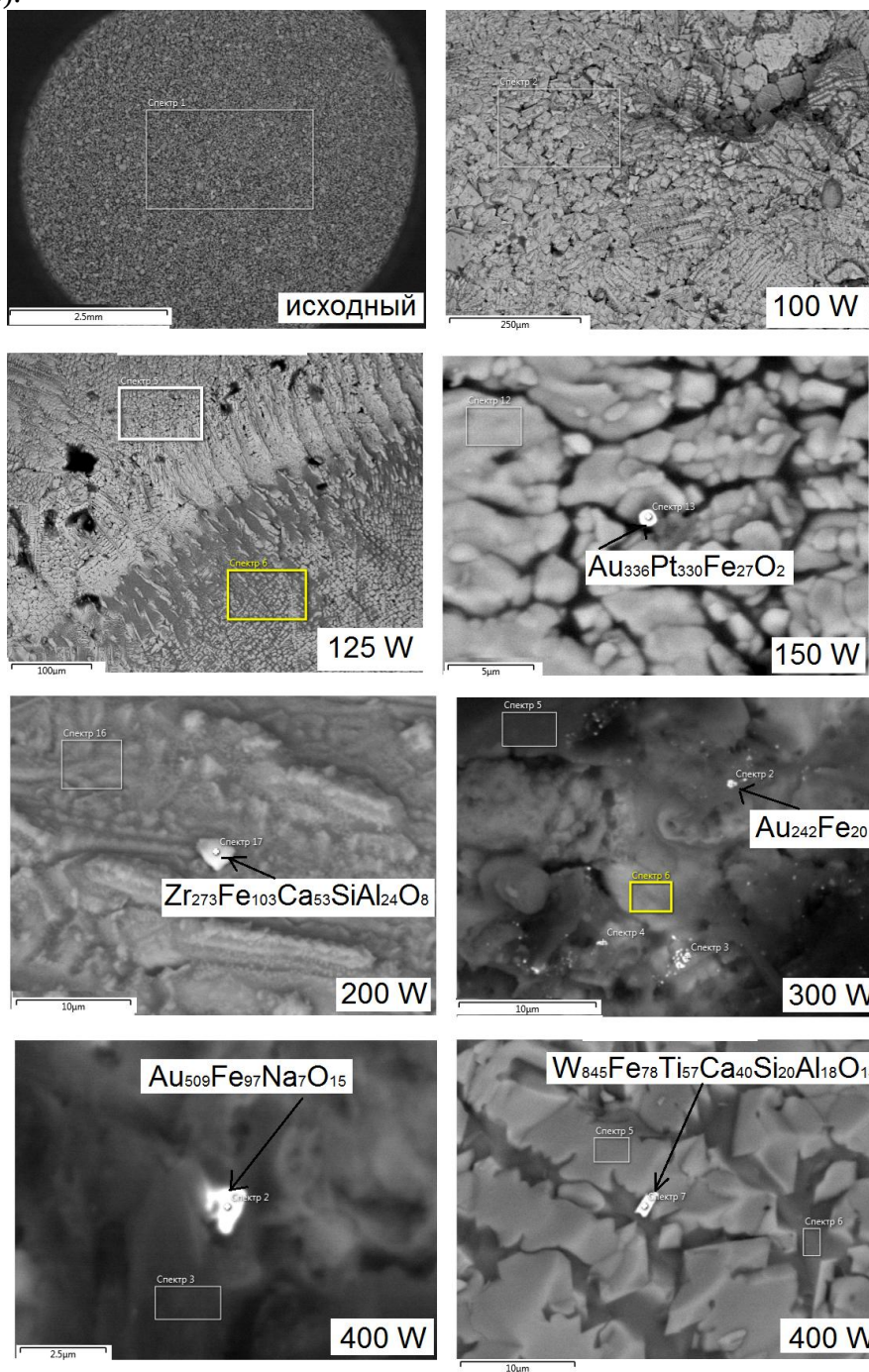


Рис. 6. Лазерная модификация поверхности техногенного минерального сырья на примере железистого концентрата красного шлама с выделением на поверхности и идентификации благородных металлов - Au, Pt – и некоторых других полезных компонентов – Zr, W, Hf.

По этому же направлению: При разработке инновационной технологии обогащения бедных шеелитовых руд установлена возможность эффективной сепарации кускового материала в крупности -50+6 мм с использованием рентгеноабсорбционного (XRT) метода на оборудовании TOMRASorting (впервые в России). В исследованиях 2015 г. расширен диапазон крупности сортируемых классов на данном оборудовании до $D_{\max}$ -70 мм. Предварительная концентрация XRT-сепарацией позволяет в 2,8 раза повысить содержание WO_3 в питании флотационного передела, выделить в «голове» процесса до 59 % от машинных классов крупности отвалы по содержанию WO_3 крупнокусковые хвосты, что в конечном итоге снизит капитальные и эксплуатационные затраты и позволит получить высокие технологические и экономические показатели.

Геотехнология: По результатам анализа обработки проб ряда эталонных техногенных и природно-техногенных комплексов россыпных месторождений определены закономерности формирования их ресурсного потенциала. Установлено, что решающим условием рентабельного освоения техногенных запасов является проведение предварительной реструктуризации техногенного объекта с целью создания новой структуры и увеличения ценности запасов, адаптированных для выбранного способа выемки и обогащения песков. Разработаны методические основы и алгоритм графоаналитического расчета места установки промприбора при условии достижения оптимального времени освоения сближенных техногенных объектов с максимальной экономической эффективностью.

Горная информатика: Разработаны научные основы концепции формирования минерально-сырьевых центров (кластеров) в ДФО. Выполнен анализ современного состояния рудной минерально-сырьевой базы региона с низкой и неравномерной изученностью на начальной стадии индустриального развития. Разработаны принципы и механизмы системы планирования процесса освоения и воспроизводства минеральных ресурсов региона.

По этому же направлению: На основании системно-стадийного анализа ресурсного потенциала полезных ископаемых Дальневосточного региона РФ в количественно-качественной и стоимостной оценках, произведено ранжирование территории по суммарным потенциальным стоимостям полезных ископаемых в недрах по субъектам ДФО Российской Федерации (табл. 1).

Таблица 1. Ранжирование территории по стоимостям (млн. долл.) полезных ископаемых в недрах ДФО

Субъекты Российской Феде- рации	Стоимости <u>потенциальная</u> товарная	% к ДФО <u>потенциальная</u> товарная	Удельные ценности недр <u>потенциальная</u> товарная	
			на 1 км ²	на 1 чел
Саха (Якутия)	<u>5006305,02</u> 1429985,84	<u>46,21</u> 54,24	<u>1,62</u> 0,46	<u>5,24</u> 1,50
Амурская обл.	<u>1241299,56</u> 166937,87	<u>11,46</u> 6,33	<u>3,43</u> 0,46	<u>1,52</u> 0,20
Приморский край	<u>998610,56</u> 174240,29	<u>9,22</u> 6,61	<u>6,06</u> 1,06	<u>0,51</u> 0,09
Хабаровский край	<u>771217,60</u> 102543,39	<u>7,12</u> 3,89	<u>0,98</u> 0,13	<u>0,57</u> 0,08
Сахалинская об- ласть	<u>688951,30</u> 103059,24	<u>6,36</u> 3,91	<u>7,91</u> 1,18	<u>1,40</u> 0,21
Магаданская об- ласть	<u>553278,75</u> 92064,84	<u>5,11</u> 3,49	<u>1,20</u> 0,20	<u>3,6</u> 0,60
Еврейская АО	<u>290676,40</u> 78068,13	<u>2,68</u> 2,96	<u>8,02</u> 2,15	<u>1,68</u> 0,45

Камчатский край	$\frac{192829,45}{28744,65}$	$\frac{1,78}{1,09}$	$\frac{0,42}{0,06}$	$\frac{0,60}{0,09}$
Чукотский АО	178746,64	$\frac{1,65}{1,35}$	$\frac{0,25}{2,15}$	$\frac{3,52}{0,45}$
Шельф	$\frac{911956,15}{425388,93}$	$\frac{8,42}{16,13}$	н.д.	н.д.
ДФО	$\frac{10833872,42}{2636512,12}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{1,76}{0,43}$	$\frac{1,73}{0,42}$

По этому же направлению: Выявлены основные закономерности развития экзогенной минерализации на территории Дальневосточного региона РФ. Рассмотрены особенности развития экзогенных полезных ископаемых, включающих каменный и бурый угли, графит, высокоглиноземистые породы, глины огнеупорные, бентонитовые, цеолиты, вермикулиты, фосфориты, руды – марганцевые, свинцово-цинковые стратиформенные, россыпи минералов золота, железа, титана, олова и др., в генетической и парагенетической связи их с рудовмещающими толщами в пределах основных тектоно-генетических структур Дальнего Востока. Выявленные закономерности могут быть использованы при обосновании направлений поисковых работ и оценки перспектив месторождений экзогенных полезных ископаемых.

Горная теплофизика: Разработаны основы новой теории устойчивости течения в добычных скважинах на месторождениях парогидротерм, обосновывающей возможность вовлечения в эксплуатацию скважин, ранее считавшихся некондиционными. Показано, с использованием расчетов по разработанным в ИГД ДВО РАН математическим моделям, что учет условий вниз по потоку от устья скважины позволяет объяснить все практически наблюдаемые особенности взаимосвязи устьевого давления и расхода, считая условием устойчивости положительное значение производной забойного давления по расходу (рис. 7).

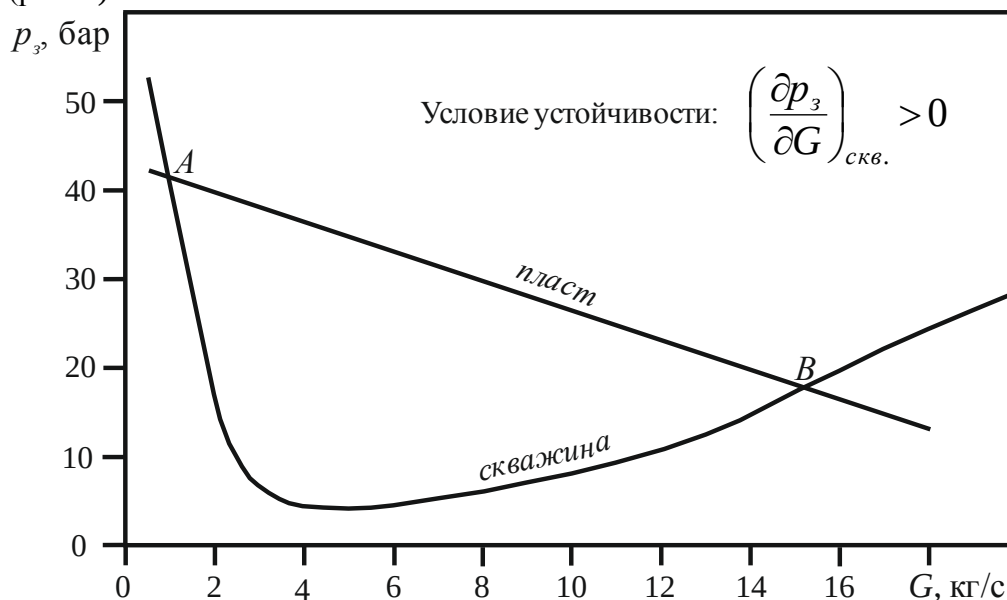


Рис. 7. Зависимость забойного давления p_z от расхода G для типовой добычной скважины и усредненного пласта на Паужетском месторождении парогидротерм: A и B – рабочие точки, соответствующие неустойчивому (A) и устойчивому (B) состоянию.

Горная экология: Выполнена типизация источников загрязнения окружающей среды в горнорудных районах при освоении месторождений полезных ископаемых. Описано несколько месторождений: рудные, разрабатываемые открытым, подземным и комбинированным способом, и нерудные, в том числе угольные. Соответствующая информация в

графической (тематические карты), атрибутивной (описательной) и табличной форме внесена в геоинформационную систему (ГИС), которая имеет возможность непрерывного пополнения.

По этому же направлению: На примере породных отвалов Райчихинского бурого угольного месторождения установлена эффективность комплекса методик для оценки возможностей самостоятельного восстановления территорий после проведения горных работ, включающего использование растений-биоиндикаторов и сервис спутникового мониторинга состояния растительности «Вега». На исследованном объекте выявлен устойчивый прирост биологической массы и увеличение вегетационного индекса за период с 2001-2015 гг.