

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА ДВО РАН (ИГД ДВО РАН)

Основные научные результаты в 2016 году

В области теплофизики: выявлен механизм возникновения и развития гидродинамической неустойчивости в добычной скважине на месторождении парогидротерм. Процессы данного механизма согласуются с экспериментально наблюдаемыми явлениями, в том числе теоретически объясняют инверсию графиков производительности (рис. 1). На основе новых представлений об устойчивости разработаны и внедрены на Мутновском месторождении (Камчатка) рекомендации, способствующие вводу в эксплуатацию скважин, ранее считавшихся некондиционными, и продлению срока их эксплуатации.

(Shulyupin A.N. Steam-water flow instability in geothermal wells // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2017. – Vol. 105. – P. 290-295).

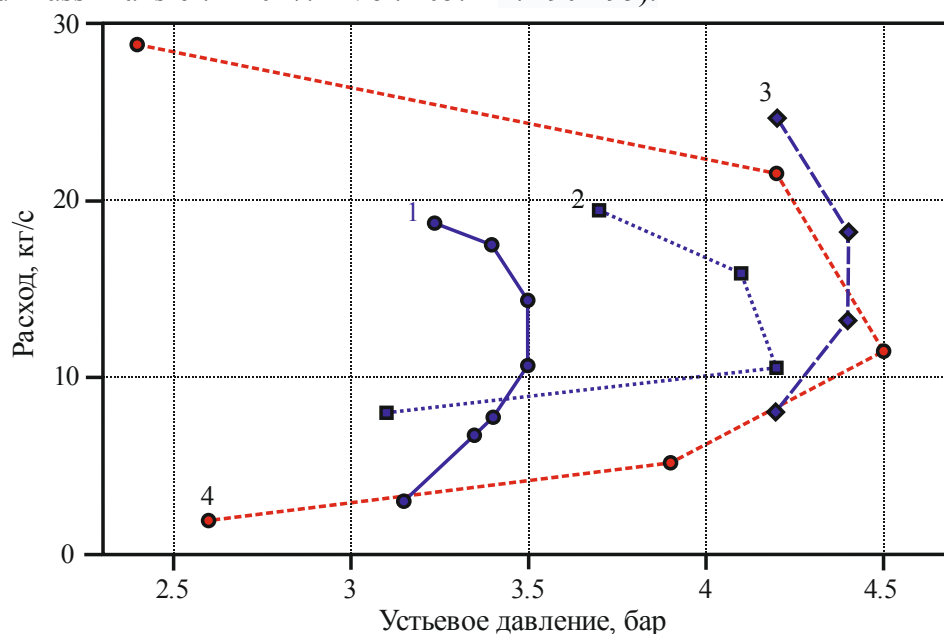


Рис. 1. Графики производительности скважин Паужетского месторождения парогидротерм: 1, 2, 3 – эксперимент на скважинах 108, 120, 123, 4 – расчет для типовой скважины

В области физических и химических процессов разделения, концентрации и переработки минералов: разработан новый методический подход выявления благороднометальной минерализации различных объектов природного и техногенного генезиса. Основой данного подхода является минералого-геохимическая и геологическая оценка руд, определение весового содержания Pt и Au в крупно-объемных пробах с использованием методики сокращенного анализа на благородные металлы, ультразвуковая обработка минеральных сростков, химический анализ тонкодисперсных фракций, выявление факторов технологической упорности.

(А.И. Ханчук, И.Ю. Рассказов, В.Г. Крюков, Н.М. Литвинова, Б.Г. Саксин / О находке промышленной платины в рудах Южно-Хинганского месторождения марганца // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 470. – №6. – С. 701-703.

Б.Г. Саксин, В.Г. Крюков, Н.М. Литвинова, В.Ф. Степанова, Н.А. Лаврик / Результаты поисковых исследований по адаптации существующих методик минералогического анализа при выявлении благороднометалльной минерализации в черносланцевых комплексах // Проблемы комплексного освоения георесурсов: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – №8. – С. 297-309).

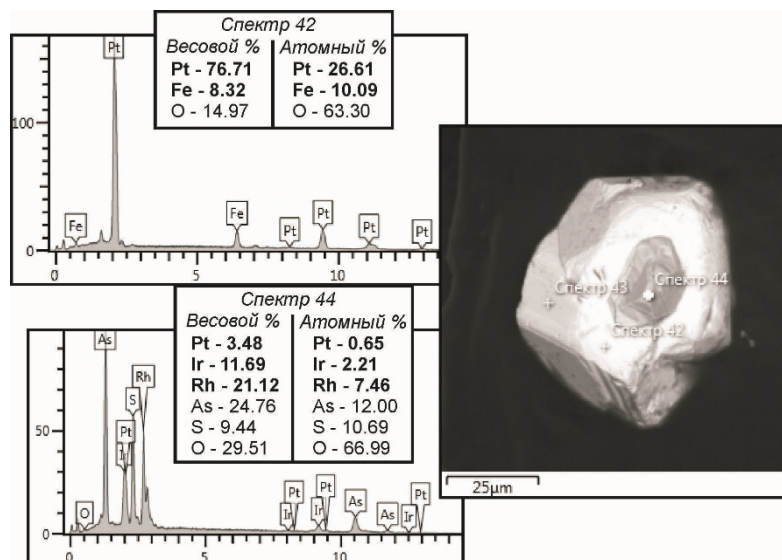


Рис. 2. Сrostок кристаллов изоферроплатины с включением холингуртита (Rh,Ir)AsS после ультразвуковой обработки (Поперечное)

В области физических и химических процессов разделения, концентрации и переработки минералов: в результате экспериментальных исследований выявлен благороднометалльный состав углей Бикинского бурогоугольного месторождения (Лучегорский угольный разрез № 1 и 2). Содержание драгоценных металлов: уголь – до 0,5 г/т Au; зола – до 0,22 г/т Au; глина (прослой в углях) – до 3,5 г/т Au; и во всех пробах - серебро от 0,13 до 0,25 г/т. Минералогический анализ и электронномикроскопическое исследование с энергодисперсионной приставкой золошлаковых отходов Приморской ГРЭС, сжигающей угли Бикинского месторождения, подтверждают присутствие золота с примесью серебра в промышленных масштабах. Размер выделенных зёрен золота от 1-2 мкм до 60-250 микрометров (рис. 3).

(Прохоров К.В., Богомяков Р.В., Лаврик Н.А., Литвинова Н.М. К вопросу извлечения золота из магнитного концентрата золошлакового материала // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Издательство «Горная книга». – 2016. – № 8 (специальный выпуск 21). – С. 272-281.

Рассказова А.В., Лаврик Н.А., Литвинова Н.М., Богомяков Р.В. Исследование распределения золота в материале золошлаковых отходов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Издательство «Горная книга». – 2016. – № 8 (специальный выпуск 21). – С. 282-296).

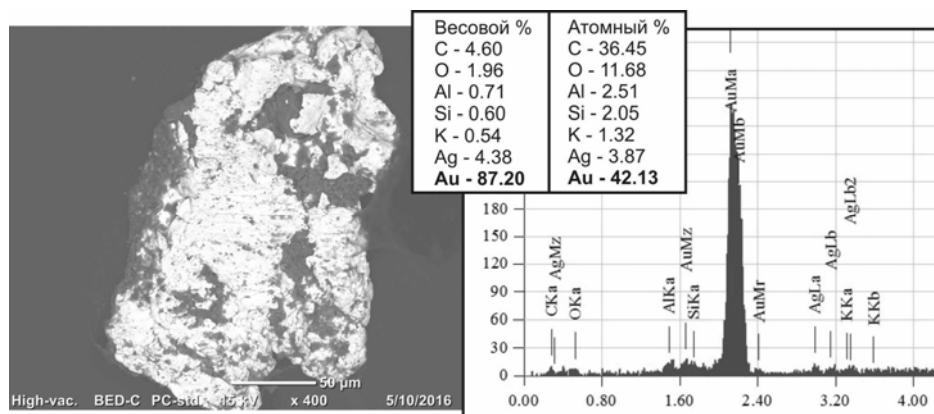


Рис. 3. Комковатое зерно (250 мкм) самородного золота с примесью серебра из золошлакового материала Приморской ГРЭС. Содержит включения алюмосиликатного стекла.

В области геотехнологии: обоснован новый подход к решению проблемы освоения территориально-сближенных техногенных россыпных месторождений, включающий определенный порядок технологических процессов подготовки и одновременной разработки техногенных объектов, в котором важную роль играет программно реализованная методика оптимизации элементов и параметров применяемой технологии.

(Краденых И.А., Литвинцев В.С. Перспективы развития среднего и малого бизнеса в золотодобывающей отрасли // Известия высших учебных заведений. – Горный журнал. – 2016. – № 7. – С. 34-40.

Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2016619240 «Программа поиска оптимального расположения обогатительной фабрики при отработке территориально-сближенных месторождений полезных ископаемых», 16 августа 2016 года. Авторы Литвинцев В.С., Сокол А.А., Алексеев В.С., Краденых И.А.)

По этому же направлению: в результате лабораторных исследований процессов формирования продуктивного пласта техногенных россыпных месторождений циклическим воздействием фильтрационного потока (затопление – осушение горной массы (З – О)) установлено, что наиболее эффективный процесс миграции золота в горной массе техногенных россыпей обеспечивается циклом с неполным осушением. В исследуемый объем техногенной горной массы подавалась технологическая вода до полного затопления блока, затем подача воды прекращалась, и вновь возобновлялась, когда блок был осушен на 90 %. В этом режиме цикл З – О продолжался в течение двух месяцев. В результате в нижней (по мощности) половине блока содержание золота увеличилось 23,2 %, а суммарный расход воды (в сравнении с режимом непрерывной подачи воды) уменьшился на 50 %.

(Алексеев В.С., Серый Р.С. Экспериментальные исследования технологии формирования продуктивных зон при отработке техногенных россыпных месторождений золота // ФТПРПИ. – 2016. – № 3. – С. 110-115).

В области физических и химических процессов разделения, концентрации и переработки минералов: обоснованы критерии оценки эффективности направленного изменения свойств труднообогатимых руд при лазерном воздействии, использующие принцип снижения энтропии при самоорганизации мелких форм золота, находящихся на

минеральной матрице. Предложена формула для расчета изменения энтропии, зависящая от коэффициента поверхностного натяжения расплавленного золота, а также соотношений диаметров (радиусов) атомов золота и образующихся агломерированных скоплений – d_1 и d_2 , соответственно,

$$\Delta S = \frac{\alpha \pi d_2^2}{T_{пл}} \cdot \left[1 - \frac{d_2}{d_1} \right],$$

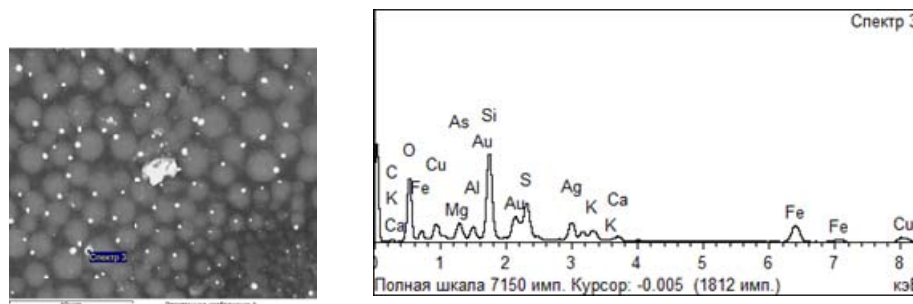


Рис. 4. Сферические скопления внутри оплавленного объекта магнетита и идентификация золота внутри агломерированных спеков, спектр 3

(Vanina E.A., Veselova E.M., Leonenko N.A. Simulation of nonlinear effects at laser modification of the surface minerals with gold./ E. A. Vanina, E. M. Veselova, N. A. Leonenko // Proc. SPIE 10176, Asia-Pacific Conference on Fundamental Problems of Opto- and Microelectronics, 101761V, December 14, 2016.

Литвинцев В.С., Леоненко Н.А., Банщикова Т.С. Типоморфные особенности золота техногенных россыпей Приамурья в аспекте новых технологий // Тихоокеанская геология. – 2016. – Т. 35. – № 4. – С. 89-99).

По этому же направлению: разработан способ интенсификации подготовительных процессов обогащения железомарганцевых руд на основе химической активации среды измельчения, способствующий стабилизации гранулометрического состава измельчаемого материала. По результатам лазерно-дифракционного анализа шламовой части доказано, что введение комплексного реагента на основе хлористого магния способствует снижению удельной поверхности в 1,3 раза.

(Патент 2574690 РФ, МПК51 В03В 7/10, В02С 23/06, С22В 1/00 Способ интенсификации подготовительных процессов обогащения железомарганцевых руд на основе химической активации среды измельчения. / Литвинова Н.М., Рассказова А.В. Богомяков Р.В., Прохоров К.В., Вылегжанина Е.В., Гурман М.А. /заявитель и патентообладатель Институт горного дела ДВО РАН; № 2014147762/13, заявл. 2014147762/13; опубл. 10.02.2016. Бюл. № 4, 6 с.).

По этому же направлению: выявлены структурно-текстурные особенности и минеральный состав руды магнетитового типа, представленной джеспилитами и магнетитом. Технологическими исследованиями в руде установлена благороднометалльная минерализация: золото представлено свободными зернами и тонкодисперсными обособлениями; платиноиды – в виде микровключений (рис. 5). Усовершенствован способ переработки бедной железомарганцевой руды, основанный на сочетании гравитационного обогащения и методов мокрой и сухой магнитной сепарации, обеспечивающий повышение качества марганцевых концентратов до 39,02-46,05% Mn (50,33-59,40% MnO) при извлечении 76,8%, увеличение глубины обогащения хвостов и исключения из технологического цикла с содержанием 2,6% Mn.

(Гурман М.А. Комбинирование методов концентрации и извлечения золота из

технологически упорных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 8 (спец. вып. № 21). – С. 222-232).

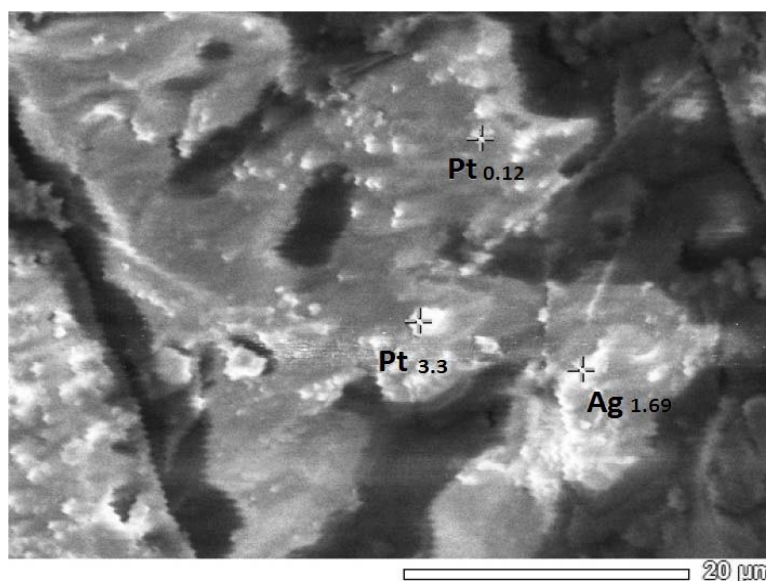


Рис. 5. Микровключения платины и серебра в руде магнетитового типа.

По этому же направлению по результатам технологических исследований отходов обогатительной фабрики Ярославской горнорудной компании установлено, что комбинация аммонийно-фтористых солей с лигносульфонатами в сочетании с собирателями из группы жирных кислот обеспечивает высокую степень селективности флотации флюорита и интенсивность его концентрации. Предложен эффективный метод переработки бедного труднообогатимого сырья, позволяющий получить качественные флюоритовые концентраты с извлечением флюорита в схеме открытого цикла до 55 %.

(Киенко Л.А., Воронова О.В., Шагина Ж.А. Повышение эффективности флотации флюорита на основе применения ультразвуковой обработки пульпы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 8 (спец. вып. № 21). – С. 233-241).

В области горной теплофизики: разработан комплекс математических моделей для расчета течений в пароводяных геотермальных скважинах. Модели охватывают весь спектр возможных условий течения: вертикальная скважина при отсутствии изменения массового расхода, вертикальная скважина с изменяющимся массовым расходом, наклонная скважина при отсутствии изменения массового расхода, наклонная скважина с изменяющимся массовым расходом.

(Шулюпин А.Н., Чермошнцева А.А. Семейство математических моделей WELL-4 для расчета течений в пароводяных геотермальных скважинах // Математическое моделирование. – 2016. – Т. 28. – № 7. – С. 56-64.)

В области горной информатики: разработана концепция стратегического анализа освоения 26 видов полезных ископаемых. Выявлены и ранжированы проблемы рудного минерально-сырьевого сектора, определены факторы, сдерживающие развитие горнорудной отрасли (отсутствие отраслевой диверсификации, переработки сырья, пространственная рассредоточенность месторождений и горнодобывающих предприятий,

сложные географо-экономические условия, низкая степень геологической изученности территории и отсутствие крупных месторождений ряда видов полезных ископаемых).

(Архипов Г.И. Состояние и приоритеты Дальневосточной черной металлургии // Металлург. – 2016. – № 9. – С. 4-11.

Архипов Г.И. Проблемы горнорудной отрасли Дальневосточного региона // Региональная экономика: теория и практика. – 2016. – № 6. – С. 33-41).

По этому же направлению: выполнен комплексный анализ перспектив оруденения золота, цветных и редких металлов Нижнеамурского ареала золотоносности. Из 220 объектов положительно оценены 34 объекта (20 – золото, 5 – порфировые, 4 – вторичные кварциты, 2 – золото-вольфрамовые, 2 – полиметаллы, 1 – цеолиты). Потенциал территории по золоту оценен в сумме более 1500 тонн. Это позволяет планировать длительный период функционирования горного комплекса и формирование Нижнеамурского кластера.

(Крюков В.Г. Кластеризация горного комплекса Дальневосточного федерального округа – как основа его устойчивого развития // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Под ред. ак. К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН. 2016. С. 351-358).

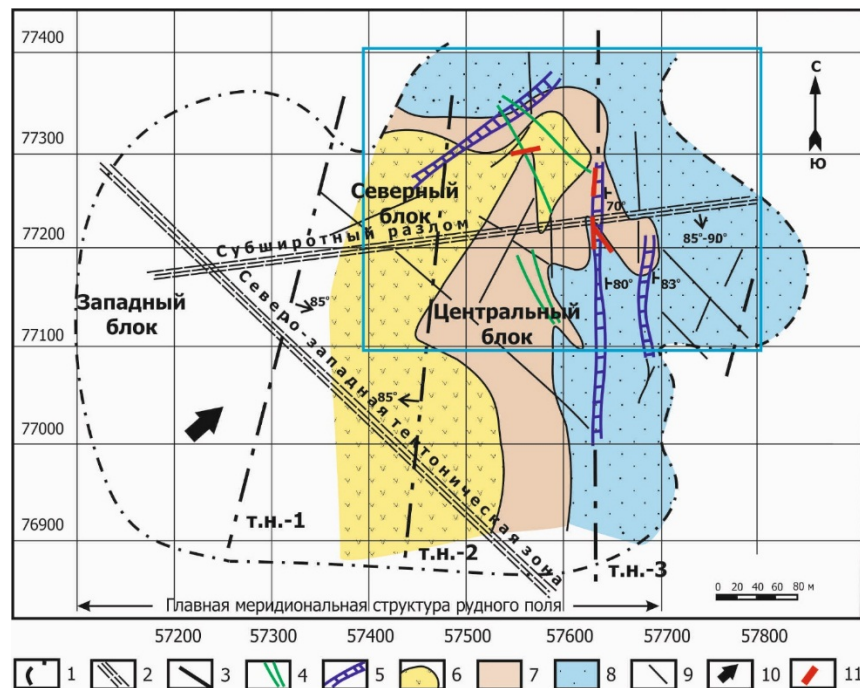
В области геомеханики: по результатам изучения условий и причин техногенного землетрясения 25 марта 2016 г. на Николаевском полиметаллическом месторождении, вызвавшего многочисленные разрушения горных выработок на различных горизонтах рудника (рис. 6), образование разрывов и трещин протяженностью десятки метров с поднятием почвы на 10-12 см, установлено, что качественное изменение геомеханической ситуации вызвано перестройкой высоконапряженного блочного массива горных пород в форме смещений и подвижек по границам тектонических блоков с выделением значительной упругой энергии и проявлением техногенной сейсмичности.

(Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г., Усиков В.И., Потапчук М.И. Геодинамическое состояние массива пород Николаевского полиметаллического месторождения и особенности проявления удароопасности при его освоении // Горный журнал. – 2016. – № 12. – С. 13-19).

По этому же направлению по результатам геомеханического мониторинга получены новые экспериментальные данные о параметрах акустической активности массива горных пород Николаевского месторождения на стадии формирования потенциально удароопасных зон (рис. 7). Наибольшее количество регистрируемых АЭ-событий приурочено к сети разломов, и особенно к зоне активного крутопадающего субмеридионального разлома ТНЗ с сопутствующими системами трещиноватости, крутопадающих дайковых тел, преимущественно северо-западного направления.

(Макаров А.Б., Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г., Ливинский М.С., Потапчук М.И. Геомеханическое обоснование параметров камерной системы разработки при переходе на подземный способ добычи руд // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 3. – С. 27-38.

Потапчук М.И., Курсакин Г.А., Сидляр А.В., Терёшкин А.А., Рассказов М.И. Повышение безопасности подземной отработки месторождений сложной тектонической структуры // Проблемы комплексного освоения георесурсов: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 8 (выпуск 21). – С. 120-131).



1 – проекция контура олистолита на горизонтальную плоскость; 2 – блокообразующие разломы и их наименование; 3 – другие тектонические нарушения и их номера; 4 – дайки среднего и основного состава; 5 – ущелья в теле известняков, заполненные метасоматитами; 6-8 – геодинамические районы, формируемые морфологическими особенностями олистолита и современным полем напряжений: 6 – относительно геодинамически устойчивый район; 7 – полого-склоновый район с промежуточной геодинамической активностью; 8 – крутосклонный геодинамически активный периферийный район; 9 – линеаменты рельефа кровли олистолита; 10 – направление главного горизонтального сжатия массива горных пород; 11 – местоположение разрывов и раскрытых трещин, образованных в результате техногенного землетрясения 25.03.2016 г.

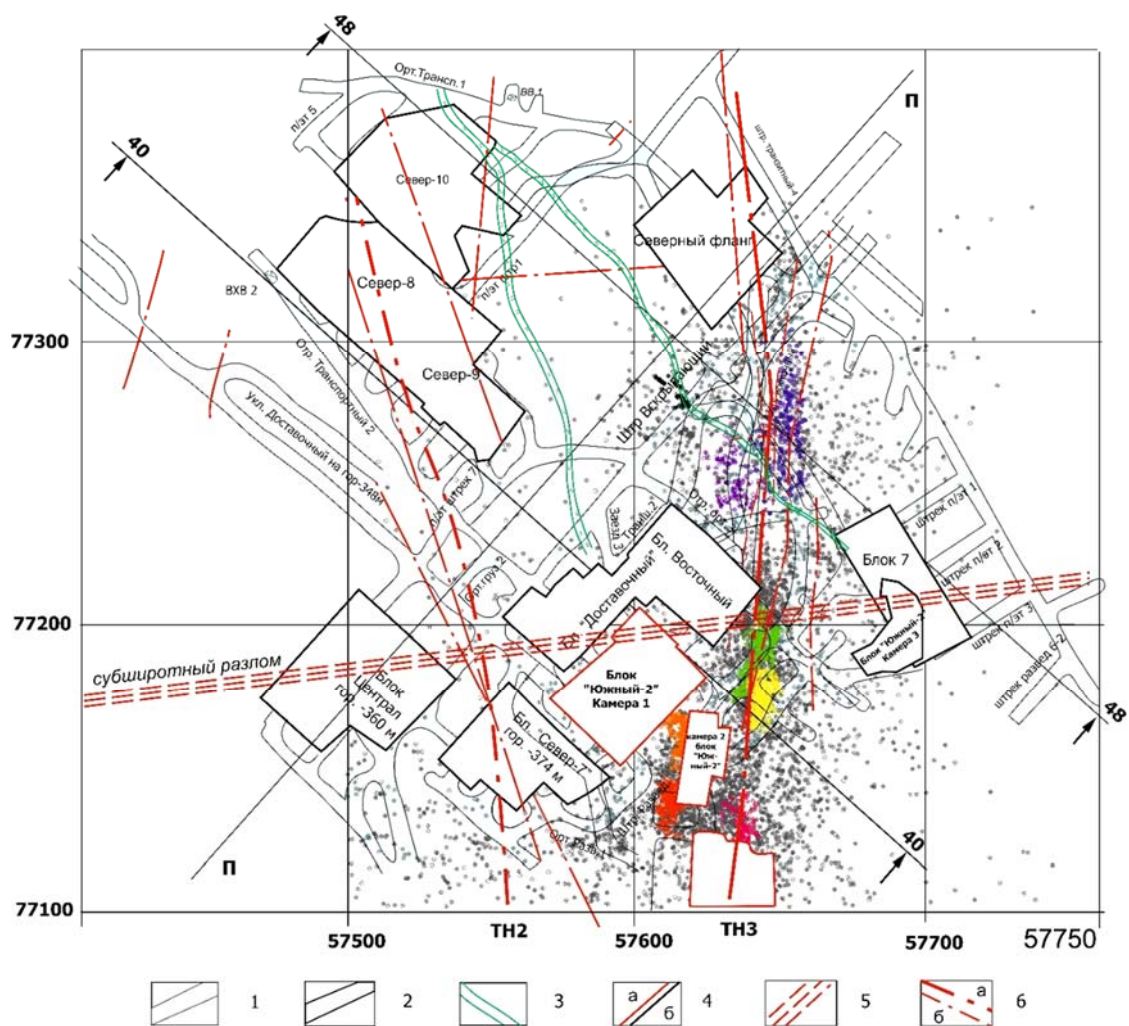
Рис. 6. Блоковая структура тела олистолита рудовмещающих известняков Николаевского месторождения и его современное геодинамическое районирование

По этому же направлению на основе разработанных принципов комплексной интерпретации данных создана геомеханическая информационная модель Амурской тектонической плиты, учитывающая морфологию подошвы литосферного слоя и ее блочно-иерархичную структуру, современное направление сжатия геоблока, а также морфологические особенности рельефа земной поверхности и геодинамические факторы, определяющие напряженно-деформированное состояние породных массивов.

(Саксин Б.Г., Шевченко Б.Ф., Потапчук М.И. Особенности геодинамической активности верхней части земной коры на рудных месторождениях Дальнегорского района Приморья // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 8 (спец. выпуск 21). – С. 182-190).

По этому же направлению разработаны основные положения методики фрагментарной интерпретации данных электрических зондирований в условиях сложнопостроенных геологических сред. Она основана на ранее созданном программно-математическом обеспечении расчета параметров электрического поля, закономерностях аномальных участков поля и критериях выделения искомых объектов – пологих, наклонных и крутопадающих границ, и локальных неоднородностей.

(Горелов П.В., Шкабарня Н.Г., Нагорнова Н.А. Анализ сейсмической активности и разрывных нарушений Приморского края / Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 7-4 (49). – С. 146-149).



1 – выработки, пройденные на гор. -390 м; 2 – выработки, пройденные на гор. -360 м; 3 – дайка среднего состава; 4 – выработанное пространство очистных камер а) на гор. -390 м, б) на гор. -360 м; 5 – блокообразующий субширотный разлом; 6 – тектонические нарушения а) второго порядка б) все остальные; цветом выделены очаговые зоны

Рис. 7. Карта акустической активности массива Николаевского месторождения по данным сейсмоакустического контроля в 2013-2016 гг.

В области горной экологии: с использованием открытой геоинформационной системы QGIS создана основа для мониторинга и прогноза экологических рисков воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду, включая разработанную цифровую модель рельефа местности на отдельных растровых и векторных слоях на территорию юга Дальнего Востока, вынесенную информацию о горнопромышленных объектах, каталоги названий, оконтуренные особо охраняемые территории местности (рис. 8).

(Усиков В.И., Озарян Ю.А., Бубнова М.Б., Липина Л.Н. Экологическая оценка Комсомольского горнорудного района (Россия) по данным дистанционного зондирования земли /Литасфера (Беларусь). – 2016. – № 1 (44). – С. 114-121.

Усиков В.И., Липина Л.Н. Геоинформационный мониторинг для обеспечения экологической безопасности в регионе /Экология и безопасность жизнедеятельности города: проблемы и решения : материалы 5-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Хабаровск, 23-24 августа 2016 г. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. – 2016. – С. 268-271.)

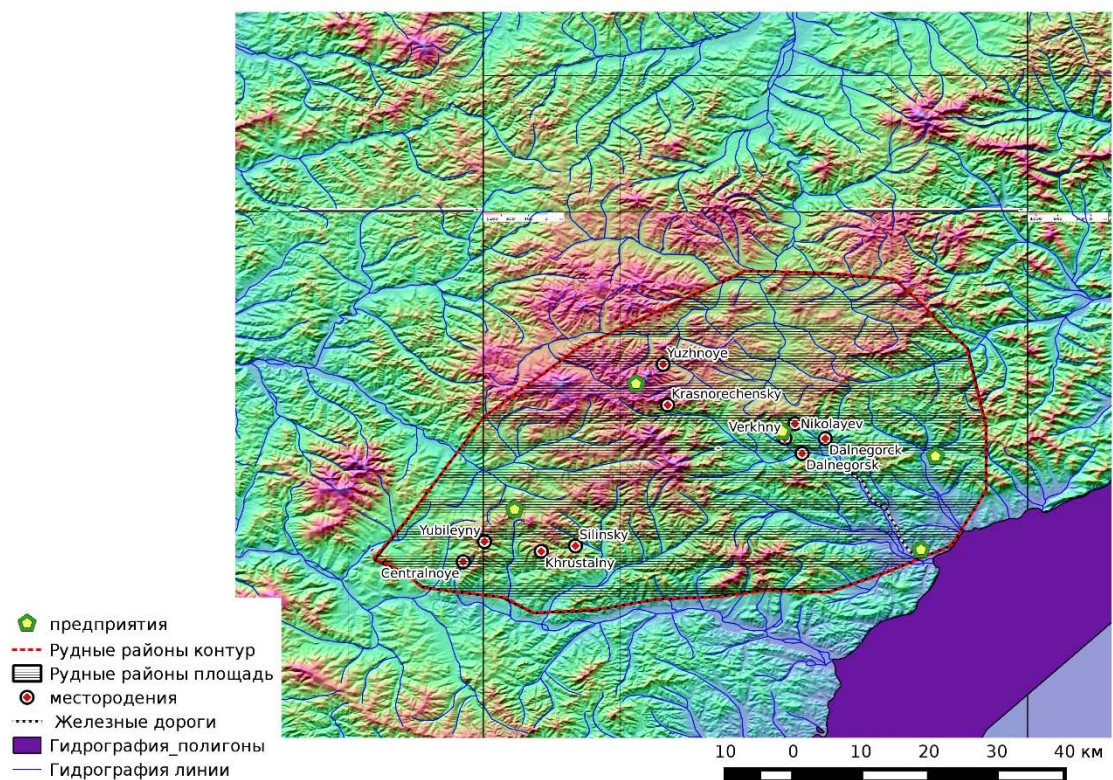


Рис. 8. Фрагмент карты Дальнегорского рудного района на цифровой модели рельефа местности