



ISSN 0034-026X

# РАЗВЕДКА ЦЕНТР И ОХРАНА ПЕДР

ОСНОВАН В 1931 ГОДУ



1944  
120 лет ВИМС

1 — 2024  
<http://rion-journal.com>



На ВДНХ прошел Форум национальных достижений: Экология, в рамках которой состоялась панельная дискуссия «Геология. Возрождение легенды».

Глава Роснедр Евгений Игнатьевич Петров начал панельную дискуссию с демонстрации общих показателей по федеральному проекту «Геология. Возрождение легенды» на период 2022–2024 гг.

Проект реализуется практически на всей территории Российской Федерации. В нем задействованы 23 объекта геологоразведочных работ, включая 8 на углеводородное сырье и 15 на твердые полезные ископаемые.

Евгений Петров подчеркнул, что Федеральный проект «Геология. Возрождение легенды» направлен на расширение минерально-сырьевой базы страны и развитие экономики:

- В 2023 г. по объекту КМК (кобальт-марганцевые корки) проведены и завершены морские работы.
- По объекту ГПС (глубоководные полиметаллические сульфиды) продолжены морские работы, которые планируется завершить в 2024 г.
- По объекту ЖМК (железомарганцевые конкреции) начаты морские работы, которые планируется продолжить и завершить в 2024 г.
- Для ускоренного развития минерально-сырьевой базы Дальневосточного федерального округа и Сибири подготовлены Программы геологического изучения регионов.

О текущем статусе Федерального проекта «Геология. Возрождение легенды», по состоянию на 01.01.2024 г., рассказали подведомственные организации Роснедр, а именно:

По объектам УВС – **ВНИГНИ**.

По объектам ТПИ – **ВИМС**.

По объектам подземных вод – **Гидроспецгеология**.

Работы на Антарктиде – **ВНИИОкеангеология**.

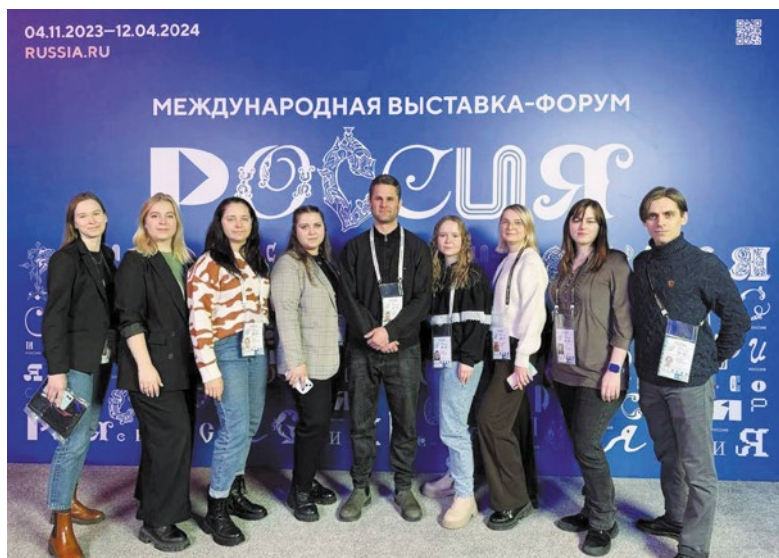
В дискуссии принял участие генеральный директор ФГБУ «ВИМС» Олег Владимирович Казанов с докладом «Текущий статус объектов ТПИ».

Советник главы Роснедр, руководитель Ведомственного проектного офиса Алексей Грибанов представил Ведомственную проектную систему управления — дашборд «Мониторинг работ Роснедр» по управлению и мониторингу хода исполнения государственных контрактов и заданий в рамках ФП.

Также об объектах, расположенных на территории Республики Саха (Якутия), подробнее рассказали представители Сахагеоинформ.

Модератором сессии выступила Вице-Президент НОУ «Институт «ПравоТЭК» Наталия Толстых.

Роснедра желает всем продуктивной работы.





# РАЗВЕДКА НЕДР И ОХРАНА НЕДР

№ 1 ♦ январь — февраль ♦ 2024

Основан в июле 1931 года

Научно-технический журнал  
Выходит 6 раз в год

Учредители:  
Министерство природных  
ресурсов и экологии РФ,  
Российское геологическое  
общество

Главный редактор *Е.И. Петров*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*Е.М. Аксенов, Д.Б. Аракчеев,  
П.С. Бабаянц, М.А. Богдасаров,  
А.А. Верчеба, С.В. Гудков, М.У. Исоков,  
А.Ф. Карпузов, С.Н. Кашубин,  
А.А. Лаврусевич, М.И. Логвинов,  
Г.А. Машковцев (зам. гл. редактора),  
Н.А. Мац, Н.В. Милетенко,  
А.В. Молчанов, И.В. Пеков,  
В.А. Петров, В.Л. Петров,  
И.Г. Печенкин (зам. гл. редактора),  
А.А. Рогожин, И.Г. Спиридонов,  
Н.В. Соловьев, С.И. Трушин,  
Б.С. Ужкенов, Е.Г. Фаррахов,  
А.И. Черных*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Старомонетный пер., 31,  
Москва, 119017 Россия  
тел.: (495) 950-30-25  
Рук. редакционной группы  
Тигунова М.И.  
Науч. редактор Лявданская Н.К.  
Редактор-консультант Маркова С.Б.  
Отв. за подписку Василева Е.О.  
vasileva@vims-geo.ru  
тел.: (495) 950-31-80  
Верстка Полищук Н.В.  
E-mail: rion@vims-geo.ru,  
rion60@mail.ru  
http://rion-journal.com

## СОДЕРЖАНИЕ

### МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ КОМПЛЕКС

**Казанов О.В.** Сценарии сырьевой обеспеченности и их следствия для планирования геологоразведочных работ 3

### ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Шумилин М.В.** Урановые месторождения «вулканического» и «гранитного» типов, как связанные явления и перспективы прироста запасов урана на некоторых месторождениях российского Забайкалья с позиций этой концепции 13

**Кириллов В.Е., Осипов А.Л., Коновалова Н.С., Кожемяко Н.В.** Золотоносные конгломераты Немуйского района (Хабаровский край) 20

**Соколов С.В., Амантов В.А., Макарова Ю.В.** Минерагенический потенциал Русской платформы и методы оценки золото- и платиноносных площадей 34

**Уматов Н.Ф.** Геодинамическая обстановка формирования месторождения золота Даугызтау (Республика Узбекистан) 38

**Гладышев А.В., Солодов И.Н.** Изменчивость коэффициента радиоактивного равновесия в урановых рудах месторождения «Вершинное» Хиагдинского рудного поля (Республика Бурятия) 44

**Белкин В.В.** Об источнике платины в солях Верхнекамского калийного месторождения 54

### ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

**Читалин А.Ф.** Структурный анализ и тектонофизическое моделирование при поисках скрытого оруденения 58

**Нуртаев Б.С., Эшмуродов А.П.** Геологическая позиция и структура аномальных геофизических полей, связанных с хромитоносными ультрабазит-базитовыми комплексами (Центральные Кызылкумы, Республика Узбекистан) 68

**Токарев И.В., Исаков В.А., Исакова Т.Н.** Использование изотопных методов для оценки условий формирования ресурсов и запасов подземных вод 74

### ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Авдонин Г.И., Салтыков А.С., Прозорова М.В., Грязнов В.М., Назина Т.Н., Бабич Т.Л.** Особенности формирования глициновых продуктивных растворов при выщелачивании урановых руд 83

### РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОХРАНА НЕДР

**Егоров Я.А., Чухлебов А.Н., Бусыгина Е.Н.** Оптимизация наблюдательной сети за состоянием недр в мерзлотно-гидрогеологических условиях (на примере Билибинской АЭС) 90

### ИСТОРИОГРАФИЯ

**Руднев В.В., Печенкин И.Г.** Сотрудники ВИМСа — первооткрыватели месторождений цветных и благородных металлов 96

**Юсипов А.А., Абрамов Д.В., Лисицин Д.В.** Музею «Самоцветы» 50 лет 105

### ХРОНИКА

**Поздравления**  
К 80-летию юбилею Григория Анатольевича Машковцева 112

К 80-летию юбилею Петра Ивановича Кушнарера 116



Журнал «Разведка и охрана недр», 2024

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук с присвоением категории К1»

Подписано в печать с репродуцированного оригинал-макета 20.02.2024. Формат издания 60×90 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная. Тираж до 1000 экз. Цена свободная. Отпечатано ООО «Полиграфическая компания «ЭксПресс». 603104, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Медицинская, д. 26, помещ. 1.



# PROSPECT & PROTECTION OF MINERAL RESOURCES

## Contents

### MINERAL RESOURCE COMPLEX

**Kazanov O.V.** Scenarios of raw materials supply and their implications for planning geological exploration works 3

### GEOLOGY, SEARCH AND EXPLORATION OF DEPOSITS

**Shumilin M.V.** Uranium deposits of «volcanic» and «granite» types, as related phenomena and prospects for growth of uranium reserves in some deposits of the Russian Zabaikalye from the position of this concept 13

**Kirillov V.E., Osipov A.L., Konovalova N.S., Kozhemyako N.V.** Gold-bearing conglomerates of the Nemuysky district (Khabarovsk region) 20

**Sokolov S.V., Amantov V.A., Makarova Yu.V.** On the metallogenic potential of the Russian Platform and assessment methods of potentially significant ore-bearing areas 34

**Ummatov N.F.** Geodynamic setting of the formation of the Daugyztau gold deposit (The Republic of Uzbekistan) 38

**Gladyshev A.V., Solodov I.N.** Variability of the radioactive equilibrium coefficient in uranium ores of the «Vershinnoye» uranium deposit of the Khiagda ore field (Republic of Buryatia) 44

**Belkin V.V.** About the source of platinum in the salts of the Verkhnekamsk potash deposit 54

### GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNOLOGIES

**Chitalin A.F.** Structural analysis and tectonophysical modeling when searching for hidden mineralization 58

**Nurtaev B.S., Eshmurodov A.P.** Geological position and structure of anomalous geophysical fields associated with chromite-bearing ultramafic-mafic complexes (Central Kyzylkum, Republic of Uzbekistan) 68

**Tokarev I.V., Isakov V.A., Isakova T.N.** Use of isotope methods for estimating resources and pastures of underground water deposits 74

### TECHNOLOGIES FOR PROCESSING MINERAL RAW MATERIALS

**Avdonin G.I., Saltykov A.S., Prozorova M.V., Gryaznov V.M., Nazina T.N., Babich T.L.** Features of formation of glycine productive solutions during leaching of uranium ores 83

### DEVELOPMENT OF DEPOSITS AND PROTECTION OF SUBSOIL

**Egorov Ya.A., Chukhlebov A.N., Busygina E.N.** Optimization of the monitoring network for subsurface conditions under permafrost and hydrogeological conditions (using the example of Bilibin of a nuclear power plant) 90

### HISTORIOGRAPHY

**Rudnev V.V., Pechenkin I.G.** VIMS employees are the discoverers of deposits of non-ferrous and precious metals 96

**Yusipov A.A., Abramov D.V., Lisitsin D.V.** 50 years anniversary of «Museum Samotsvety» 105



Муясынская площадь  
(Республика Бурятия)  
© Фотограф Прохоров Д.А.

Читалин А.Ф. (ООО «Институт геотехнологий»)

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРИ ПОИСКАХ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

*Показывается необходимость комплексного структурного анализа на основе полевого геолого-структурного картирования для разработки обоснованных геолого-структурных моделей и прогнозирования скрытого оруденения. Геолого-структурные модели являются основой прогнозно-поисковых, учитывающих также геологические, геохимические и геофизические данные, результаты интерпретации материалов дистанционного зондирования, автоматизированного линейментного анализа. Обосновывается важность тектонофизического аналогового моделирования для интерпретации изученных природных структур и прогноза структурных ловушек, вмещающих скрытое оруденение. **Ключевые слова:** структурный анализ, структурно-минералогические парагенезы, геолого-структурная модель, этапы деформации, прогнозирование рудных залежей, скрытое оруденение.*

Chitalin A.F. (Institute of Geotechnologies)

**STRUCTURAL ANALYSIS AND TECTONOPHYSICAL MODELING WHEN SEARCHING  
FOR HIDDEN MINERALIZATION**

*The need for a comprehensive structural analysis based on field geological and structural mapping is shown to develop reasonable geological and structural models and predict hidden mineralization. Geological-structural models are the basis of forecasting and search models, which also take into account geological, geochemical and geophysical data, the results of interpretation of remote sensing materials, and automated lineament analysis. The importance of tectonophysical analogue modeling for the interpretation of studied natural structures and the prediction of structural traps hosting hidden mineralization is substantiated. **Keywords:** structural analysis, structural-mineralogical parageneses, geological-structural model, stages of deformation, ore deposits forecasting, hidden mineralization.*

**Введение**

Геолого-структурный анализ является обязательным элементом работы геологов Института геотехнологии (ИГТ) при изучении рудных объектов на всех стадиях ГРР: геологическом таргетировании и прогнозировании, поисках, оценке и детальной разведке. Структурные исследования в комплексе с геохимическими и геофизическими методами являются основой для прогноза структурных ловушек и поисках скрытого (слепого и перекрытого) оруденения.

**Методы и методология структурного анализа**

Главным методом всегда был и остается полевой структурный анализ, позволяющий изучать структуру в натуре, выяснять соотношения структурных элементов и собирать фактический материал о их морфологии и кинематике. Полевые структурные методы используются при картировании структур разного масштаба на основе космо- и аэрофотоснимков; специалисты ИГТ также широко используют современные технические возможности беспилотных лидарных съемок и аэрофотосъемок для получения высокоточных детальных ортофотопланов. В поле выполняется объемная ли-

дарная съемка обнажений — для уточнения структуры, ускорения сбора данных для анализа систем трещиноватости и построения трехмерных моделей изучаемых структур.

Полевые методы дополняются лабораторными методами структурного анализа: микроструктурными и минералогическими исследованиями, кинематической интерпретацией оптических узоров минералов и др.

Специалисты ИГТ также разрабатывают и используют методы компьютерной рентгеновской томографии (КТ) ориентированного керна и образцов для 3D-анализа минерализованных структур. Также КТ применяется для изучения динамического развития структуры зоны сдвига в аналоговых тектонофизических моделях (совместно со специалистами лаборатории тектонофизики геологического факультета МГУ).

При структурном анализе используется оригинальное ПО «GeoLog Assist» — для цифрового картирования керна и геологических обнажений (разработка ИГТ, зарегистрировано в Роспатент в 2023 г.).

Вспомогательными методами при структурных исследованиях являются следующие:

- структурная интерпретация различных карт: геологических, геохимических, геофизических;
- экспертное геолого-структурное дешифрирование материалов ДЗЗ;
- автоматизированный линеаментный анализ материалов ДЗЗ, цифровой модели рельефа, «рельефных» геофизических карт, выполняемый с помощью широко распространенного ПО «LESSA», а также более функционального ПО GeoTarget Lineaments+ (разработка ИГТ 2023 г., зарегистрировано в Роспатент в 2024 г.);
- автоматизированный спектральный анализ космоснимков и структурная интерпретация аномалий. Выделение мультиспектральных аномалий и их классификация выполняются с помощью оригинального многофункционального программного модуля SOVA (Spectral-Optical Vision Assistant) для выделения спектральных аномалий по данным дистанционного зондирования Земли (разработка ООО «ИГТ-Скай Групп», 2023 г., в настоящий момент проходит государственную регистрацию).

**Тектонофизическое моделирование** имеет важное значение для правильного понимания и интерпретации природных структур, помогает уточнить физические условия деформации, восстановить ориентировку осей сжатия и растяжения, тип и ранг поля напряжений, в котором формировалась структура. Это необходимо для обоснованного выделения этапов и стадий деформации в развитии изучаемой структуры, прогнозирования структурных ловушек рудной минерализации. Тектонофизика ограничивает необоснованные геологические интерпретации и фантазии рамками физических законов деформации твердого тела.

Итогом геолого-структурных исследований является выделение разновозрастных структурных и минерально-структурных парагенезов и создание структурной модели. Структурная модель является основой комплексной генетической модели месторождения, ресурсной модели и прогнозно-поисковой модели. Прогноз рудных залежей базируется на определении величины структурного рудного шага, размеров, морфологии и кинематики структурных ловушек минерализации.

#### Тектонофизическая модель зоны разлома

При анализе разрывной тектоники нами используются представления о тектонофизической модели разлома (рис. 1), разработанной специалистами лаборатории тектонофизики Института Земной коры СО РАН в Иркутске [4–6, 14, 15].

В развитии разлома выделяются три стадии:

1 — **на ранней дизъюнктивной стадии** формируется пояс трещиноватости — сколы и отрывы — это так называемые *опережающие разрывы и трещины*. Это известные всем «скрытые разломы»;

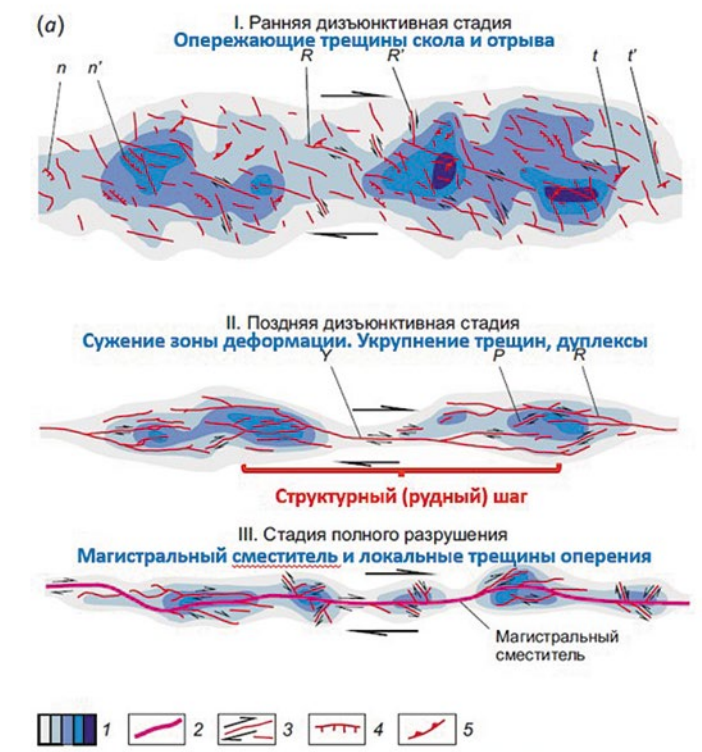
2 — **на поздней дизъюнктивной стадии** область активной деформации сужается, формируются структурные узлы с высокой плотностью разрывов и трещин. При наличии рудной минерализации образуются рудные узлы. Они следуют с определенным структурным (рудным) шагом;

3 — **на стадии полного разрушения** область активной деформации еще больше сужается и формируется *магистральный сместитель, шов разлома* — его обычно и рисуют на геологических картах. На изгибах шва за счет трения образуются **разрывы оперения** (как правило, они небольшие по размерам).

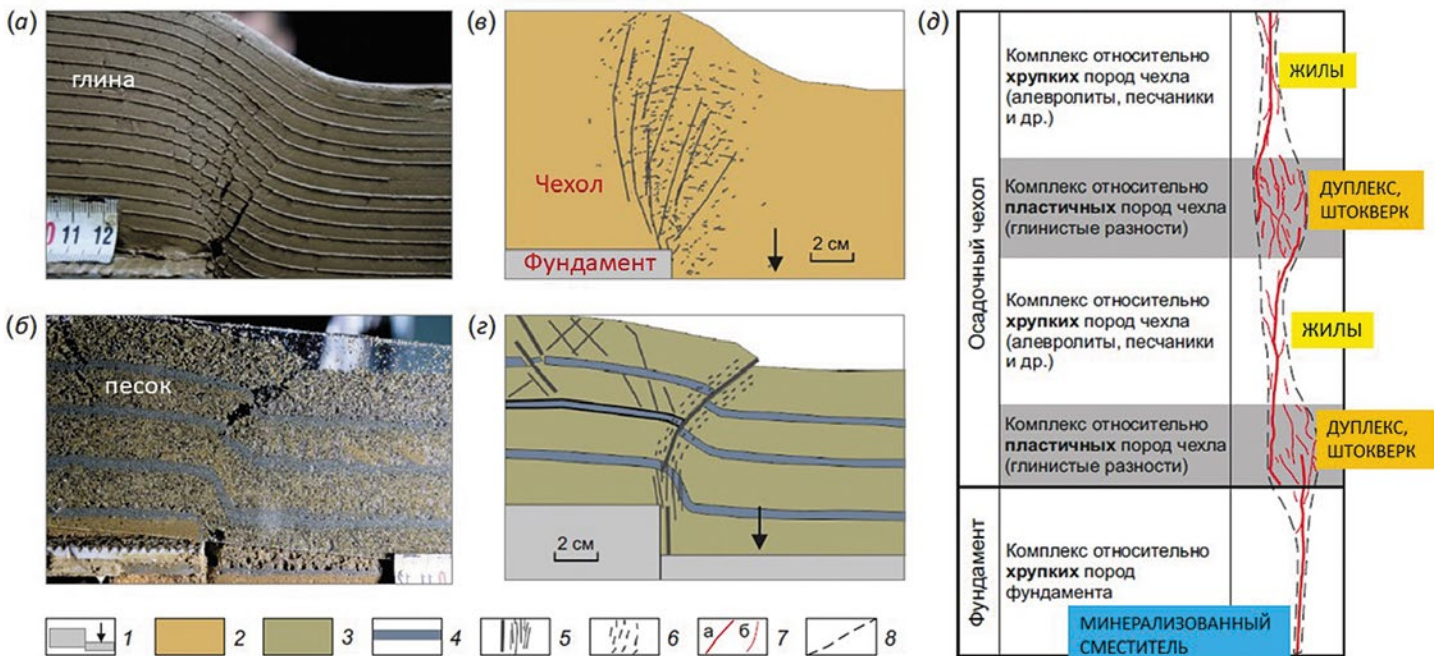
Каждая стадия развития разлома может сопровождаться рудной минерализацией, могут сформироваться разновозрастные структурно-минералогические парагенезы.

Важно выявить корреляцию стадий развития рудной системы со стадиями развития разлома. Тектонофизический анализ обстановок локализации рудных полей и месторождений в разломных зонах позволяет существенно повысить эффективность геологоразведочных работ [7].

Тектонофизические модели зон сдвига, надвига и сброса принципиально не различаются. Все они характеризуются кулисным расположением опережающих и оперяющих разрывов, структурным шагом узлов их концентрации. Различия заключаются в различной кинематике и в пространственной ориентировке этих трещин, формирующих структурные парагенезы, образовавшиеся в полях напряжений с различной ориентировкой осей растяжения и сжатия (сдвиговое, надвиговое и сбросовое поля



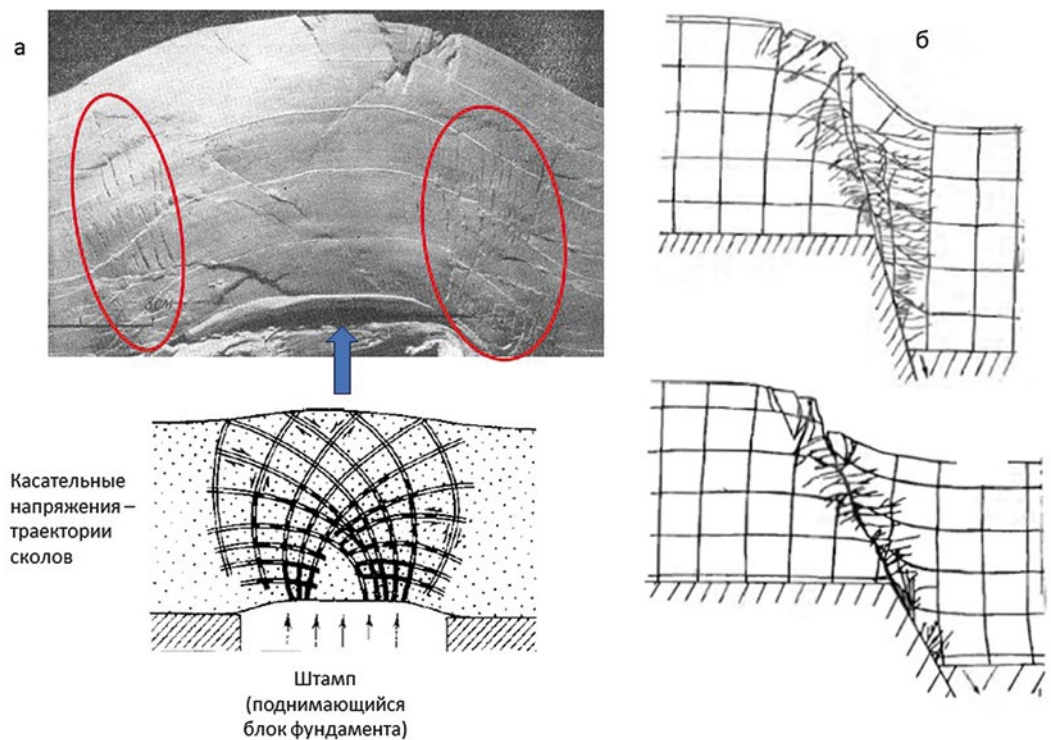
**Рис. 1. Тектонофизическая модель разломной зоны (на примере правого сдвига), по [6] с дополнениями:** (а) — строение разломной зоны на трех главных стадиях развития: 1 — участки с различным количеством разрывов в единице площади; 2 — магистральный сместитель (разрыв 1-го порядка); 3–5 — сдвиги (3), сбросы (4) и надвиги (5) 2-го порядка. Латинские буквы — разнотипные разрывы 2-го порядка ( $n', n, R', R, t', t, P$ ) и магистральный сместитель 1-го порядка ( $Y$ )



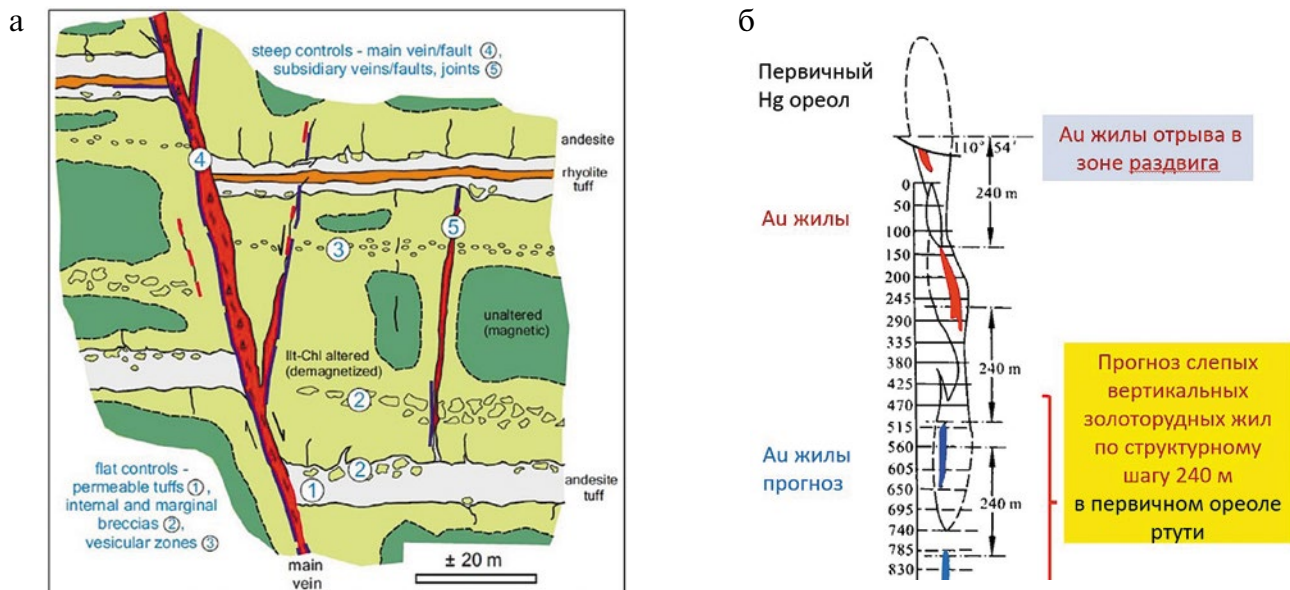
**Рис. 2. Строение зоны разлома в средах с разной реологией. Тектонофизическая модель, по [6] с дополнениями:** (а–б) — зоны разрывов, образовавшиеся в чехле над активным разломом фундамента в моделях из глины (а) и влажного песка (б); (в–г) — схемы разрывов в моделях из глины (в) и влажного песка (г); (д) — принципиальная схема внутреннего строения разлома в реологически неоднородном платформенном разрезе: 1 — штампы экспериментальной установки (стрелка — направление движения активного штампа); 2–3 — модели из глины (2) и песка (3); 4 — маркеры; 5 — разрывы; 6 — область разрыхления модельного материала; 7 — крупные (а) и мелкие (б) разрывы; 8 — границы разломной зоны

напряжений). Это различие дает возможность определить кинематический тип разлома. Для целей прогнозирования структурных ловушек важно, что в зоне сдвига все разрывы кулисные в плане, а у надвига и сброса — кулисные в разрезе.

Структура разлома в породах разной компетентности может изменяться. В относительно хрупких породах разломная зона узкая, сместитель четко выражен, а в относительно пластичных породах зона разлома расширяется. Соответственно, структура разлома может изменяться по простиранию и на глубину, а при наличии минерализации могут чередоваться жилы и штокверки, морфология рудных тел может быть различной (рис. 2).



**Рис. 3. Строение зон сбросов в тектонофизических моделях:** а — модель штамповой складки поперечного изгиба [2], б — модель опускающегося блока фундамента [1]. Пояснения в тексте



**Рис. 4. Рудные жилы в структурах горизонтального растяжения:** а — крутопадающие слепые золотосеребряные жилы, сопряженные с главной жилой в сместителе сброса в разрезе месторождения Купол на Чукотке [20]; б — золотоносные жилы по трещинам отрыва и прогноз слепых рудных тел на золоторудном месторождении в Китае [22]

### Структурные ловушки рудной минерализации

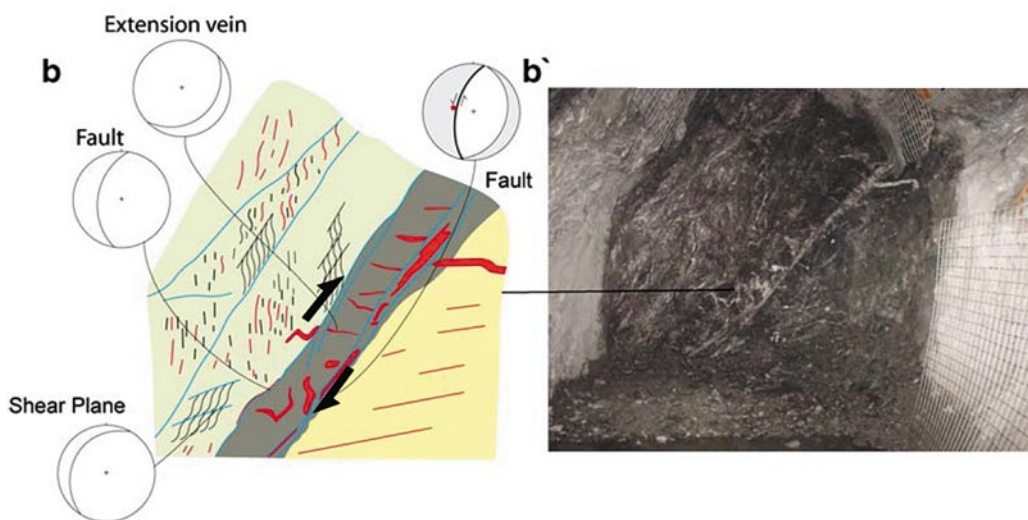
Типы структурных ловушек рудной минерализации, их морфология и закономерности пространственного размещения, связь с материнскими структурами рассмотрены ниже на тектонофизических моделях и примерах гидротермальных месторождений различного типа.

### Структурные ловушки, связанные со сбросами и раздвигами

При аналоговом тектонофизическом моделировании штамповых складок поперечного изгиба и сбросов (рис. 3) были выявлены системы слепых разломов, растущих снизу-вверх при затухании сбросов, ограничивающих блоки фундамента, являющихся механическими штампами [1, 2]. В природных складках такие разрывы могут вмещать слепые рудные жилы, не выходящие на дневную поверхность и не проявленные во вторичных геохимических ореолах. Слепые жилы могут быть выявлены методами электроразведки. На модели по восстановлению сброса формируются пологие лестничные разрывы скалывания (рис. 3 б), при этом пологие разрывы могут иметь надвиговую (!) кинематику. Поэтому важно правильно их проинтерпретировать и понять, что они связаны именно со сбросом,

а не с надвиговой структурой. Для этого необходимо в поле изучать кинематику разрывов, выделять сопряженные системы сколов и восстанавливать тип поля напряжений, в котором формировались разрывы.

На крупном Au-Ag месторождения Купол на Чукотке главная жила выполняет сместитель сброса. Ее оперяют крутопадающие слепые жилы, выполняющие трещины скалывания и отрыва (рис. 4 а). Жилы залегают в метасоматически измененных андезитах [20]. На золоторудном месторождении в Китае в зоне горизонтального растяжения образовались вертикальные трещины отрыва, вмещающие богатые рудные жилы (рис. 4 б). Здесь



**Рис. 5. Золотоносные кварцевые жилы в шовной зоне надвига:** пологие жилы растяжения по трещинам отрыва, оперяющие магистральный разлом (сместитель) надвига и жилы, залечивающие сместитель [21]



на верхних горизонтах разведаны и эксплуатируются две разобщенные крутопадающие золотоносные жилы, а две жилы спрогнозированы на глубине с учетом рудного шага 240 м [22].

#### Структурные ловушки в надвиговых зонах

На месторождении Stawell Gold в Австралии в зоне надвига развиты пологие лестничные жилы вертикального растяжения, оперяющие надвиг, а также жилы, выполняющие шов разлома [21] (рис. 5).

На золото-медном месторождении Маднеули в Грузии мощная зона надвига контролирует пологие кулисные золоторудные штокверки вертикального растяжения (рис. 6). С учетом рудного шага слепые штокверки были спрогнозированы на глубину по падению надвига [3].

#### Седловидные жилы отслоения в замках антиклиналей

Классическим примером золотоносных седловидных кварцевых жил отслоения в замках антиклинальных складок продольного изгиба является австралийское месторождение Бендиго. Подобные жилы здесь известны до глубины 1 км, возможно будут выявлены и на большей глубине (рис. 7). Месторождение Бендиго устроено не так просто, как рисуют в учебниках! Сложные жильные структуры месторождения развивались в процессе прогрессивной деформации в несколько этапов и стадий [17].

#### Кулисные жилы и минерализованные зоны дробления в дайках и штоках

Кулисные жилы (как рудные, так и безрудные) могут образоваться при хрупкой деформации интрузивных даек и штоков: это крутопадающие и пологие (лестничные в разрезе) структуры растяжения по отрывам и сколам (на-

пример, на Колыме это золотоносные дайки с пологими и крутыми лестничными жилами; в гранитоидном штоке месторождения Школьное крутопадающие минерализованные зоны дробления и жилы).

На золоторудном месторождении Sigma-Lamaque в Канаде лестничные минерализованные зоны выполняют сместители надвигов, пересекающих дорудные дайки диорит-порфиритов [19]. Содержание золота в рудных телах здесь крайне неравномерное (рис. 8). Распределение богатых рудных столбов вдоль дайки позволяет наметить траектории «золотых каналов» растяжения, по которым в структуру поступал золотонасыщенный флюид, из которого золото отлагалось в приоткрывающихся трещинах и разрывах.

#### Аркообразные жилы и штокверки

Аркообразная форма золоторудных жил характерна для плутогенно-гидротермального золоторудного месторождения Бестюбе в Северном Казахстане. На участке Центральный на горизонте 475 м нами была откартирована структура и установлена надвиговая кинематика наклонных полосчатых золотоносных кварцевых жил, которые выполняют сместители надвигов; с этими жилами сопряжены горизонтальные жилы массивной текстуры, выполняющие трещины отрыва. Разработанная структурная модель объясняет образование жил в обстановке активного горизонтального сжатия в зоне сдвига и пассивного вертикального растяжения при контракционной усадке остывающего штока габброноритов (рис. 9 а). Согласно модели, жилы могут встречаться на большой глубине, что подтверждается бурением — золотые жилы

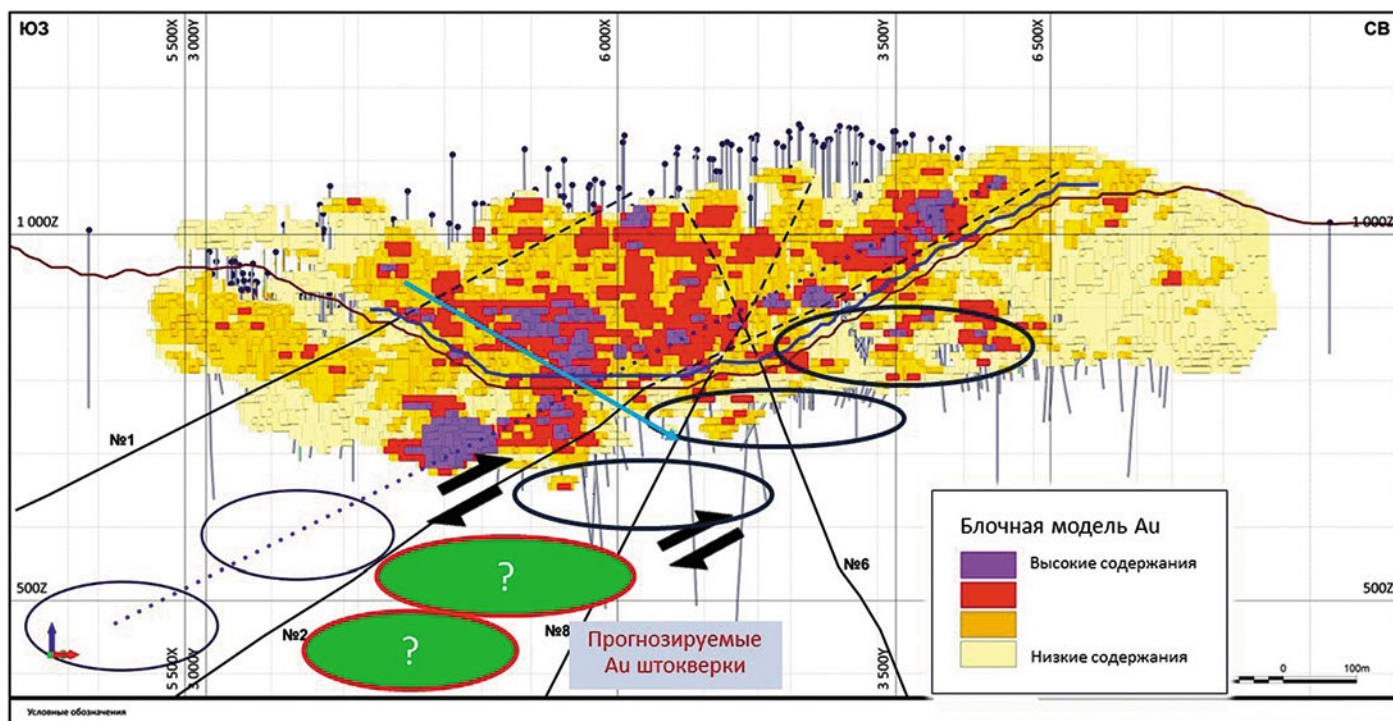
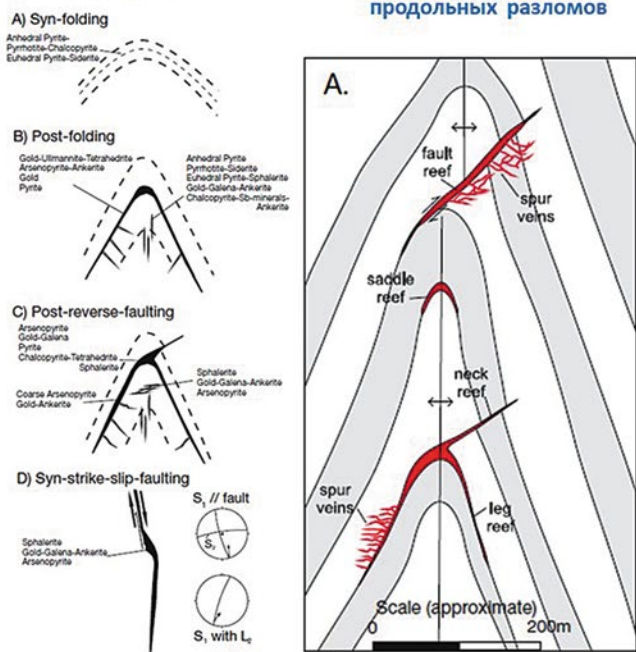


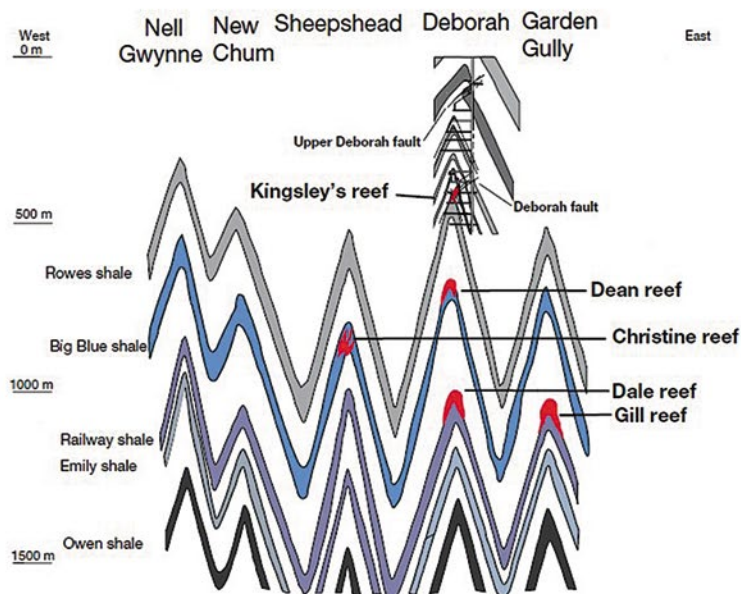
Рис. 6. Золотоносные кварц-сульфидные пологие штокверки и прогнозируемые штокверки в зоне Главного надвига месторождения Маднеули, Грузия [3]

**Модель образования разновозрастных Au жил месторождения Бендиго**

**Разнотипные секущие жилы образовались при реактивации полойных жил и продольных разломов**



**Схематический разрез Au месторождения Бендиго, Австралия (ниже границы исторических выработок)**

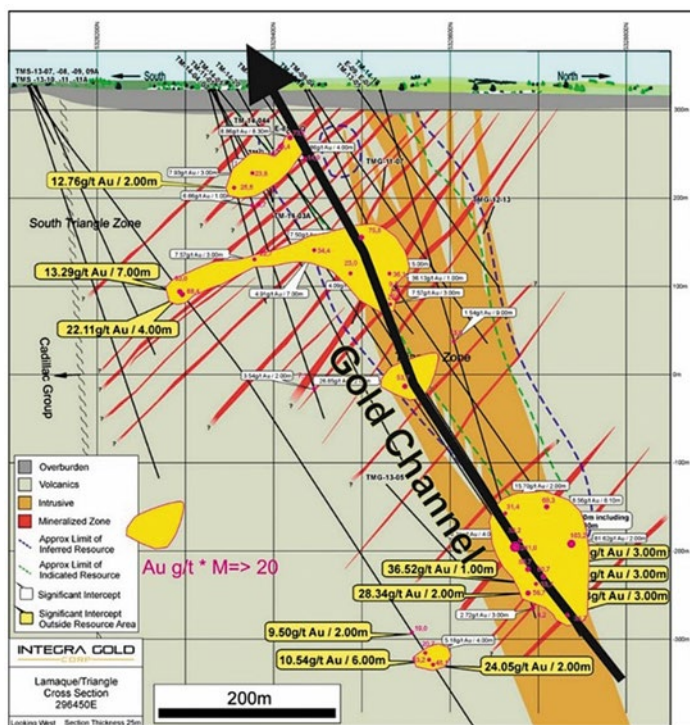


**Рис. 7. Седловидные полойные золотоносные кварцевые жилы и более поздние жилы и штокверки месторождения Бендиго, Австралия [17]**

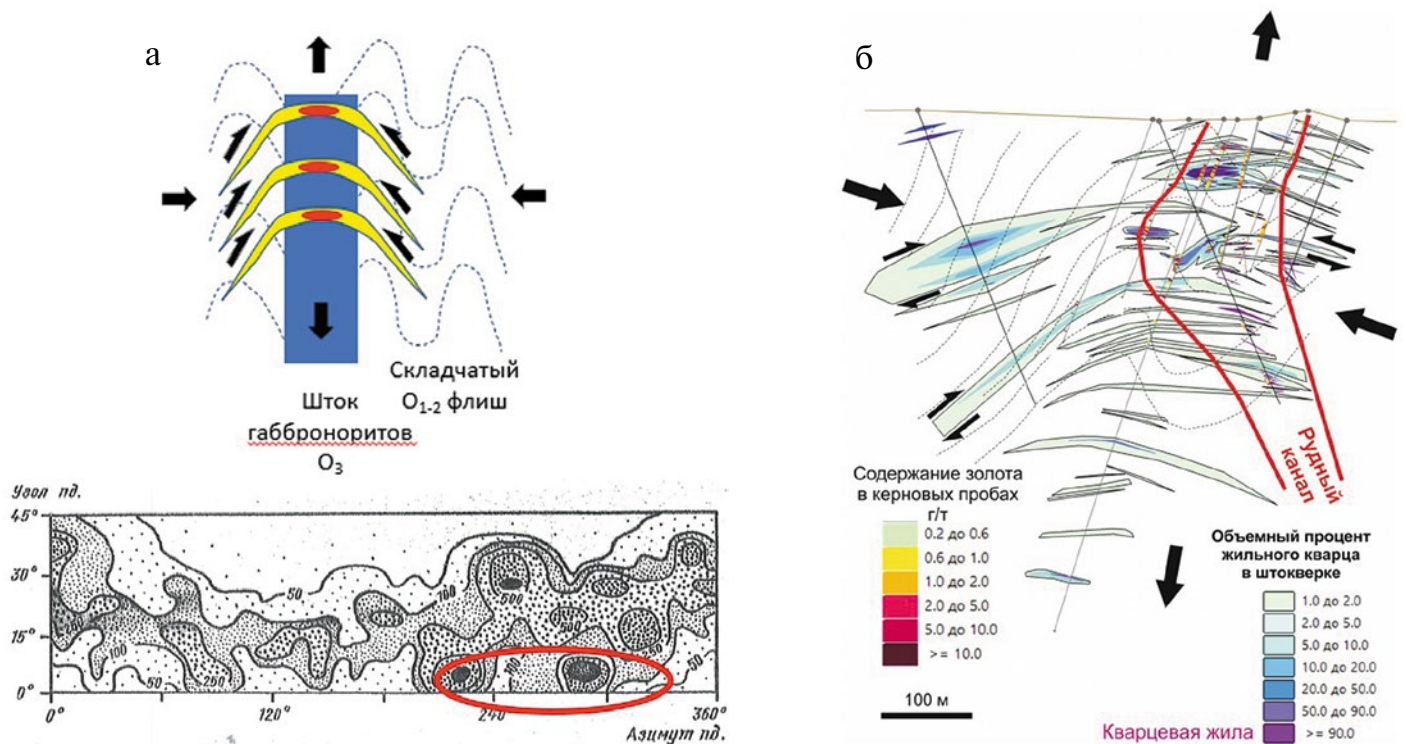
были пересечены на глубине 1200 м. Максимальные концентрации золота характерны для горизонтальных жил растяжения (содержание золота 500—>1000 г/т). Наклонные жилы в пологих надвигах (15—450 г/т) менее богаты золотом (10—500 г/т), наклонные жилы в крутых надвигах и взбросах бедные (10—<1 г/т). Микроструктурные и петрофизические исследования ориентированных образцов из различных кварцевых жил позволили установить пульсационный характер деформаций полосчатых жил и стадийного отложения в них рудных минералов и золота [9, 10].

Аркообразная система послескладчатых ленточных штокверков была выделена и изучена нами на золоторудном месторождении Дрожное в Якутии [13]. В процессе разведочного бурения были околтурены аркообразные и пологие кварцевые штокверки с надвиговой кинематикой, вмещающие горизонтальные жилы растяжения. Кварцевые штокверки обладают внутренней зональностью по степени насыщенности кварцем (при документации керна оценивался объемный процент кварца).

Содержание в кварце сульфидов очень неравномерное, содержание золота крайне неравномерное. На флангах системы штокверков слабозолотоносные или пустые. Максимальные содержания золота в керновых пробах от 5 г/т и более установлены в замке аркообразной штокверковой системы — в горизонтальных кварцевых жилах и прожилках (рис. 9 б). По максимальным концентраци-



**Рис.8. Лестничные золотоносные жилы в сместителях надвигов, пересекающих дайку диорит-порфиров. Месторождение Sigma-Lamaque [19], <http://www.integratgold.com>. Красные кружки — микрограммы золота, желтые контуры — участки концентрации высоких значений микрограмма**



**Рис. 9. Аркообразные золоторудные жилы и штокверки:** а — структурная модель аркообразных жил месторождения Бестюбе на участке Центральный в Северном Казахстане (вверху) и распределение содержания золота в жилах с разными элементами залегания (внизу), по [9]; б — система аркообразных кварцевых штокверков в разрезе на участке Дразный месторождения Дразное [13]. Стрелками показано направление сжатия и растяжения, полустрелками — надвиговая кинематика штокверков

ям золота выделяется «рудный (золотой) канал», параллельный оси растяжения, по которому на поздней стадии развития гидротермальной системы в штокверки и жилы проникали золотонасыщенные растворы, из которых

кристаллизовалось золото по трещинам в сульфидах и в кварце. Выявленная рудоносная структура может прослеживаться на большую глубину. Поисковые скважины выявили предсказанные нами золотонасыщенные штокверки на глубине более 500 м.



**Рис. 10. Структурные тренды минерализации в сдвиговом дуплексе растяжения в Среднегорье, Болгария, по [18] с дополнениями**

Аркообразные жилы и штокверки надвигового типа месторождений Бестюбе и Дразное принципиально не отличаются по условиям образования — они сформировались в обстановке горизонтального сжатия и вертикального растяжения. Эти поля напряжений были локальными, связанными с развитием вторичных структур в зоне региональных сдвигов.

### Структурные ловушки в сдвиговых зонах

Морфология и локализация структурных ловушек в сдвиговых зонах определяется ориентировкой опережающих и оперяющих разрывов скалывания и отрывов, их густотой и струк-

турным шагом вдоль зоны сдвига. Между окончаниями кулисных сдвигов второго порядка образуются дуплексы сжатия или растяжения. Примером является **сдвиговый дуплекс растяжения** в Среднегорье в Болгарии [19]. В правосдвиговой зоне на сопряжении кулисных сдвигов второго порядка выделяются кулисные зоны растяжения, включающие медно-порфировые и полиметаллические месторождения и проявления, которые сконцентрированы в зонах (структурных трендах) минерализации. Скрытое оруденение в домеловых и меловых породах прогнозируется под чехлом третичных отложений на перекрытых флангах структурных трендов минерализации (рис. 10).

На золоторудном месторождении Сакдриси в Грузии при картировании в карьерах золотоносных кварц-сульфидных штокверков специалистами ИГТ было установлено, что штокверки сформировались как **кулисные структуры горизонтального растяжения** в зоне левого сдвига и располагаются в ней с шагом 500–1000 м (рис. 11). С учетом направления склонения оруденения по простиранию зоны и размера рудного шага были спрогнозированы слепые штокверки на флангах сдвиговой зоны и по ее падению [3]. На некоторых прогнозируемых нами участках поисковые скважины пересекли богатую золотую минерализацию.

На Чукотке в Баимской рудной зоне правого сдвига линейные медно-порфировые и эпиптермальные золото-серебряные кварц-сульфидные штокверки располагаются кулисно с определенным шагом (рис. 12 а), что позволяет прогнозировать слепые и перекрытые штокверки [12]. Для крупного медно-порфирового месторождения Песчанка нами разработана структурная модель полихронного линейного кварц-сульфидного штокверка, образовавшегося в зоне регионального правого сдвига [16]. Прожилково-вкрапленная минерализация в такой структуре прогнозируется на большую глубину, что подтверждено бурением (скважины пересекли руду на глубине около 700 м) и геофизикой (аномалия проводимости прослеживаются на глубину более 1 км). На участке Весенний Находкинского рудного поля слепые золоторудные линейные штокверки и жилы, интерпретируемые как структуры растяжения в сдвиговых зонах второго порядка, также были спрогнозированы, а затем обнаружены поисковыми скважинами. Аналоговое тектонофизическое моделирование Баимской сдвиговой зоны позволило выявить участки растяжения, которые соответствуют крупным долинам, где по комплексу геологических и геохимических поисковых признаков возможно обнаружение перекрытых и слепых рудных штокверков [8].

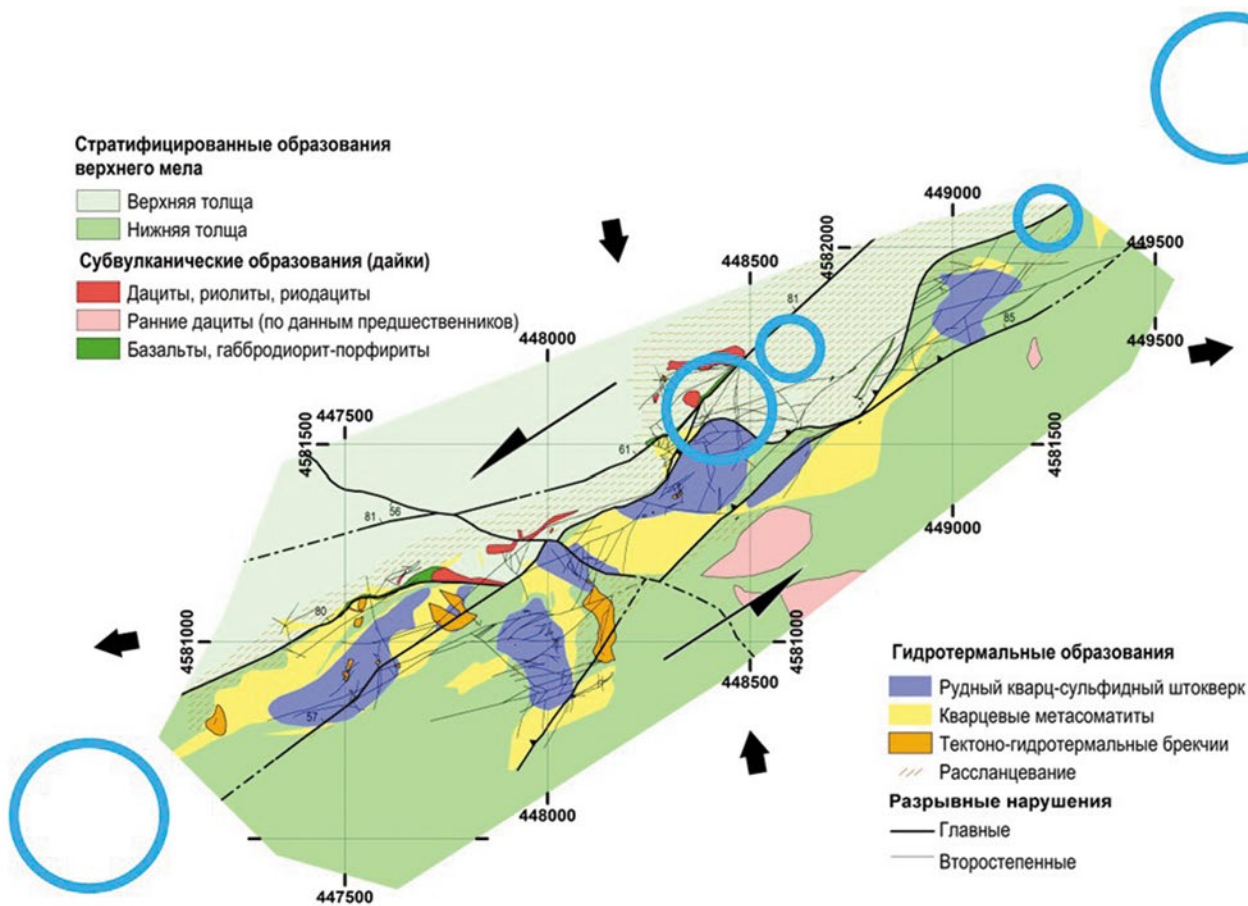
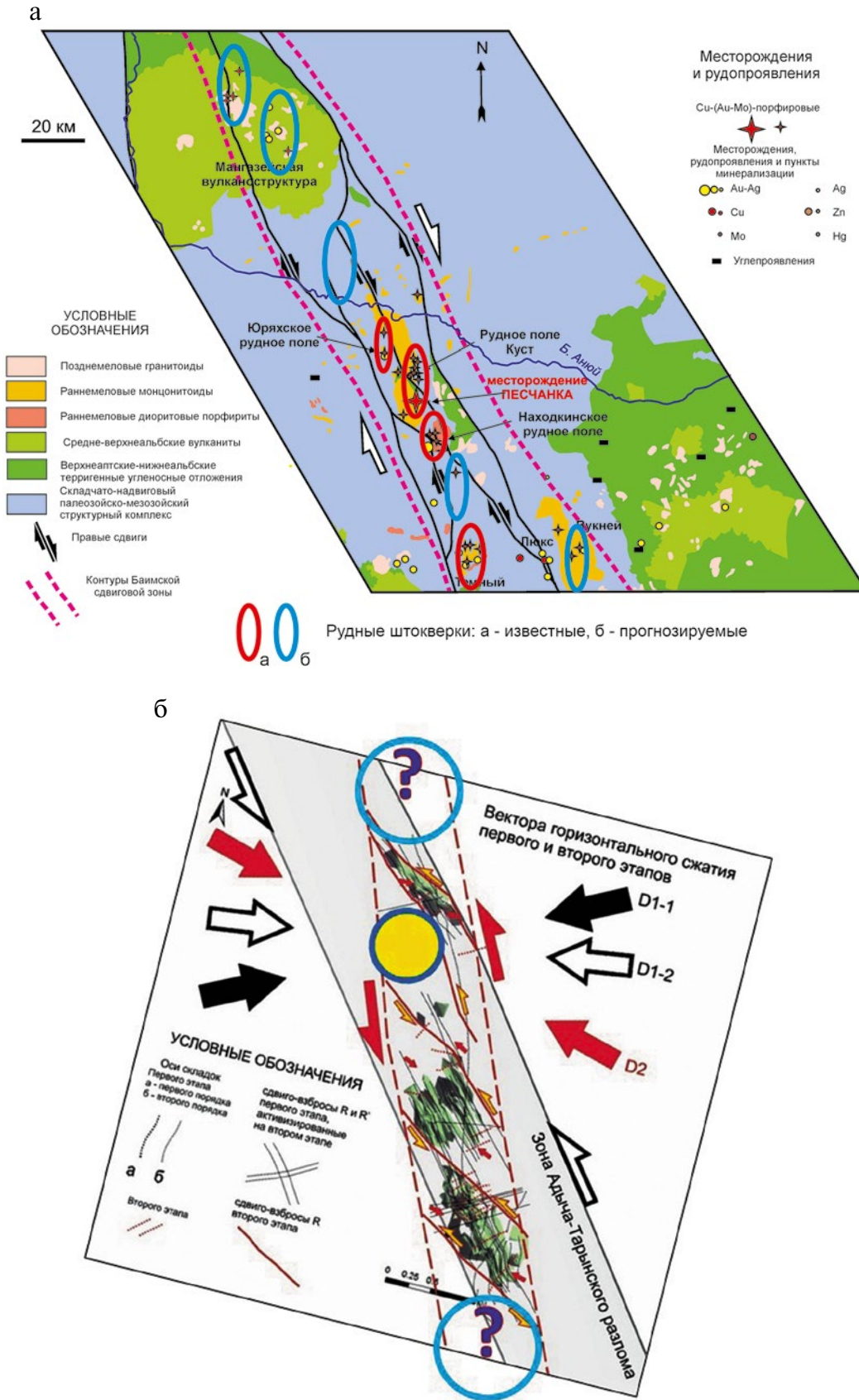


Рис. 11. Золотоносные структуры Сакдрисской сдвиговой зоны, Грузия. Синие кружки — прогнозируемые рудные штокверки [3]



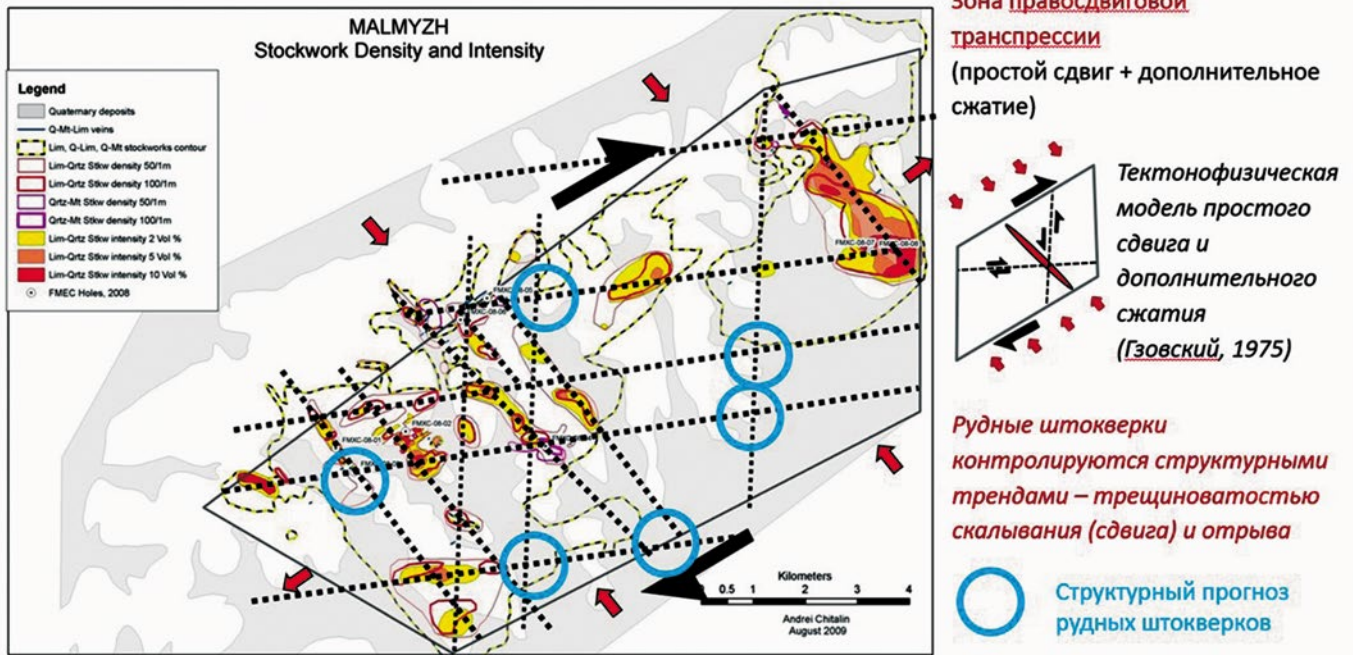
**Рис. 12.** Кулисные рудные штокверки в сдвиговых зонах: а — медно-порфирировые месторождения, проявления и прогнозируемые штокверки в Байкальской сдвиговой зоне; б — структурная модель кулисных золоторудных штокверковых систем месторождения Дразное. Синим контуром показаны прогнозируемые штокверки. Желтый кружок — предсказанный и затем обнаруженный слепой штокверк

На золоторудном месторождении Дразное в Якутии рассмотренные выше ленточные штокверки надвигового типа образуют системы, располагающиеся кулисно в зоне рудоконтролирующего левого сдвига ССЗ простирающегося под острым углом региональный Адыча-Тарынский разлом СЗ простирающегося (рис. 12 б).

Сдвиговая модель штокверков сопоставляется с тектонофизической сдвиговой моделью структур бокового выдавливания Push-Up или с дуплексом сжатия на сочленении кулисных сдвигов Риделя второго порядка [13]. Штокверки располагаются вдоль сдвиговой зоны с шагом 0,8–1,0 км. На участке Промежуточный штокверк отсутствовал на поверхности и был спрогнозирован на глубине. Наш прогноз позже подтвердился — скважины пересекли слепой кварцевый штокверк и в нем были выделены пологие золоторудные тела.

На рудном поле крупного меднопорфирирового месторождения Малмыж в Хабаровском крае были выявлены сульфидно-кварцевые штокверки и откартирована их зональность по интенсивности метасоматических изменений и рудной минерализации [11]. Штокверки имеют удлиненные очертания и маркируют структуры ВСВ, ССВ и СЗ простирающиеся, которые интерпретируются как сопряженные зоны сдвига и растяжения. Автором предложена модель рудоконтролирующего трансpressивного правого сдвига, сопряженного с региональным Сихоте-Алиньским левым сдвигом. В пределах Малмыжского рудного поля в узлах пересечения зон сдвига и растя-

## Месторождение Малмыж. Штокверки и структурные тренды



**Рис. 13. Рудные штокверки Малмыжского рудного поля в модели транспрессионного правого сдвига. Голубые кружки — прогнозируемые штокверки**

жения прогнозируются рудные штокверки, перекрытые чехлом кайнозойских отложений (рис. 13).

### Заключение

Основа структурного прогноза рудной минерализации — достоверная геолого-структурная модель. Для прогноза оруденения важно определить тип структуры, кинематику рудоконтролирующих разломов, типы возможных структурных ловушек, размер и направление структурного шага рудных залежей. Тектонофизическое моделирование важно для понимания структуры и более достоверного прогноза. Геолого-структурный анализ наиболее эффективен в комплексе с данными геохимии и геофизики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бокун, А.Н. Некоторые закономерности образования разрывных зон в осадочном чехле при погружении блоков фундамента (по результатам физического моделирования) / А.Н. Бокун. Сб. науч. тр. Экспериментальная тектоника и полевая тектонофизика. — Киев: Наук. думка, 1991. — С.112–120.
2. Гзовский, М.В. Основы тектонофизики / М.В. Гзовский. — М.: Наука, 1975. — 536 с.
3. Попов, С.С. Геолого-структурные исследования и прогноз медно-золоторудной минерализации на месторождениях Сакдриси и Маднеули в Грузии / С.С. Попов, А.Ф. Читалин, Д.В. Сивков, Е.М. Гришин //Тр. VI Международной геолого-геофизической конференции «ГеоЕвразия-2023. Геологоразведочные технологии: наука и бизнес», Том I (III). [сборник] г. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2023. — 165 с.: ISBN 978-5-6048839-7-6 стр. 69–73.
4. Семинский, К.Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект / К.Ж. Семинский. — Новосибирск: Гео, 2003. — 244 с.
5. Семинский, К.Ж. Общие закономерности динамики структурообразования в крупных сдвиговых зонах / К.Ж. Семинский // Геология и геофизика. — 1990. — № 4. — С. 14–23.

6. Семинский, К.Ж. Анализ разломно-блоковой структуры и напряженного состояния осадочного чехла на газоконденсатных месторождениях: основы тектонофизического подхода / К.Ж. Семинский, Ю.П. Бурзунова, С.А. Борняков, А.И. Мирошниченко, А.С. Черемных, А.К. Семинский, И.В. Буддо, А.С. Смирнов, И.В. Горлов // Геодинамика и тектонофизика. — 2023; 14(2): 0689. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0689>.
7. Семинский, Ж.В. Тектонофизический анализ обстановок локализации рудных полей и месторождений в разломных зонах земной коры / Ж.В. Семинский, К.Ж. Семинский // Геология рудных месторождений. — 2004. — Т. 46. — № 4. — С. 292-304.
8. Фролова, Н. С. Физическое аналоговое моделирование рудоносной Баймской сдвиговой зоны Западной Чукотки / Н.С. Фролова, Т.В. Кара, А.Ф. Читалин // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Матер. IV Всерос. конф. с междунар. участием. 17–23 сентября 2018 г. —Владивосток: Дальнаука, 2018. — С. 299–302.
9. Читалин, А.Ф. Микроструктура кварцевых жил золоторудного месторождения / А.Ф. Читалин // Научно-техн.достижен. и передовой опыт в области геоэкологии и разведки недр: Инф.сб. — М.,1992. — Вып. 6. — С.12–22.
10. Читалин, А.Ф. Разномасштабные структурные парагенезисы золоторудного месторождения Бестюбе (Северный Казахстан) / А.Ф. Читалин, И.А. Бакшеев // Структурные парагенезисы и их ансамбли. — М.: ГЕОС, 1997. — С. 195–197.
11. Читалин, А.Ф. Малмыж — новая крупная золотомедно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А.Ф. Читалин, К.И. Воскресенский, Е.К. Игнатьев, А.А. Ефимов, А.Г. Колесников // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 3. — С. 68–73.
12. Читалин, А.Ф. Структурные парагенезисы и рудная минерализация Баймской сдвиговой зоны, Западная Чукотка / А.Ф. Читалин // Российская тектонофизика. К 100-летию юбилею М.В. Гзовского. — Апатиты: РИО КНЦ РАН, 2019. — С. 333–349.
13. Читалин, А.Ф. Структурно-кинематическая модель золоторудного месторождения Дрожное / А.Ф. Читалин, К.И. Воскресенский, Е.М. Гришин, Д.В. Сивков, В.В. Усенко, Е.В. Фомичев, В.Ю. Чикатуева // Геофизика. — 2018. — № 3. — С.106–114.
14. Шерман, С.И. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования) / С.И. Шерман, С.А. Борняков, В.Ю. Буддо. — Новосибирск: Наука, 1983. — 112 с.

15. *Шерман, С.И.* Физические закономерности развития разломов земной коры / С.И. Шерман. — Новосибирск: Наука, 1977. — 102 с.
16. *Chitalin, A.* Structural model of Peschanka porphyry Cu-Au-Mo deposit, Western Chukotka, Russia, 2012 / A. Chitalin, E. Fomichev, V. Usenko, D. Agapitov, A. Shtengelov // Structural Geology and Resources-2012. Bulletin № 56-2012. Symposia 26-28 September 2012, KALGOORLIE WA.
17. *Christopher, J.L. Wilson.* Leader, 2013, Mineral Precipitation in the Quartz Reefs of the Bendigo Gold Deposit, Victoria, Australia / Christopher J.L. Wilson, Peter M Schaub, and Lawrence D. // Economic Geology, V. 108, PP. 259–278.
18. *Drew, L.J.*, 2005, A tectonic model for the spatial occurrence of porphyry copper and polymetallic vein deposits—Applications to central Europe: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005–5272, 36 p.
19. *Francois, R.*, 2001, Vein Formation and Deformation in Greenstone Gold Deposits / Francois R., and K. Howard Poulsen, // Economic Geology, V.14, P.111–155.
20. *Thomson, B.*, 2023, The Kupol Epithermal Au-Ag Vein District, Chukotka, Far Eastern Russia / Thomson, B., Pratt, W.T., Rhys, D.A., Oliver, N., Scott W. H., Fischl, P., Akinin, V.V. and Dotzov, D. // Economic Geology, V. 118, №. 1, PP. 93–122. (20)
21. *Wilson, C. J. L.* 2009, Quartz vein fabrics coupled to elevated fluid pressures in the Stawell gold deposit, south-eastern Australia / Wilson, C. J. L., Robinson, J. A., Dugdale A. L. // Article in Mineralium Deposita, DOI: 10.1007/s00126-008-0215-1. (21)
22. *Zhang, Jun.*, 2001, A High-Precision Forecasting Model and Its Constructing Method for Vein-Type Gold Deposit / Zhang // Journal of China University of Geosciences, Vol. 12, No. 2, P. 100–107. (22)

© Читалин А.Ф., 2024

Читалин Андрей Федорович // a.chitalin@igeotech.ru

*Статья поступила в редакцию 31.01.2024 г.*



Уважаемые друзья!

14 и 15 марта 2024 г. в Красноярске, в отеле Novotel Красноярск Центр, состоится 3-я международная конференция и выставка **TECH MINING СИБИРЬ 2024, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**.

Конференция собирает представителей горнодобывающих компаний Сибири для взаимодействия, презентации инноваций, экспертных мнений, поиска новых потенциальных клиентов и партнерских отношений, и построения будущего развития отрасли.

15 марта 2024 г. в рамках мероприятия состоится Технический визит делегатов конференции на Новоангарский обогатительный комбинат.



**НОВОАНГАРСКИЙ  
ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ  
КОМБИНАТ**

Основной вид деятельности Новоангарского обогатительного комбината — это добыча и обогащение свинцово-цинковой руды. На обогатительной фабрике ООО «Новоангарский обогатительный комбинат» производится переработка свинцово-цинковой руды путем дробления, измельчения и обогащения руд методом флотации.

ООО «Новоангарский обогатительный комбинат» с 2022 г. реализует инвестиционную программу с общим плановым объемом 4,5 млрд руб. в сферах строительства, геологоразведки, научно-исследовательских работ, приобретения оборудования и модернизации производства. Основным проектом является проект расширения обогатительной фабрики по дополнительному увеличению мощности переработки свинцово-цинковой руды на 1,5 млн т руды в год.

#### **СРЕДИ СЕССИЙ КОНФЕРЕНЦИИ:**

- разведка месторождений;
  - обработка и обогащение полезных ископаемых;
  - способы повышения эффективности действующих предприятий;
  - цифровизация и роботизация горного предприятия;
  - проектирование, строительство и реконструкция горнодобывающего предприятия
- и многие другие вопросы, связанные с работой горнодобывающих компаний в целом.

[Приглашаем Вас принять участие в работе конференции!](#)

**ДАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ:** 14–15 марта 2024 г.

**МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:** Россия, Красноярск, ул. Карла Маркса, 123, Novotel Красноярск Центр.

**КОНТАКТЫ ОРГАНИЗАТОРОВ:**

Телефон: +7-499-11-205-11

Email: [info@techmining.ru](mailto:info@techmining.ru)

[www.techmining.ru](http://www.techmining.ru)

<https://siberia.techmining.ru/>



Обложка настоящего номера журнала посвящена Государственному докладу «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации» — книге, которая ежегодно выходит уже почти четверть века.

Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации» содержит разноплановую информацию, всесторонне отражающую текущее состояние и тенденции развития минерально-сырьевого комплекса России и мира в условиях современных вызовов и угроз. В нем представлены программные, нормативные, методические и отчетные документы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), его территориальных органов и подведомственных организаций. Доклад отражает выполнение поручений Президента Российской Федерации, направленных на развитие отечественной минерально-сырьевой базы, сырьевой и технологической суверенитет.

Таким образом, Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации» выполняет две важнейшие функции. С одной стороны, обеспечивает руководителей государственных органов власти и предприятий горного сектора актуальной информацией для принятия управленческих решений в сфере недропользования. С другой — является инструментом взаимодействия государства и общества, с помощью которого граждане России имеют возможность получать актуальную и достоверную информацию о состоянии и использовании недр страны.

Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2022 году» подготовлен большой группой экспертов, в состав которой вошли специалисты учреждений, подведомственных Роснедра: ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ВНИГНИ», ФГБУ «Гидроспецгеология» и ФГБУ «ЦНИГРИ».