

# Геологическое таргетирование – инструмент повышения эффективности поисковых работ

А.Ф. Читалин, Д.Д. Агапитов, А.Р. Штенгелов, В.В. Усенко, Е.В. Фомичев (ООО "Институт геотехнологий", Москва)

Рассматривается методология геологического таргетирования, применяемого Институтом геотехнологий для выбора наиболее перспективных участков для поисков рудных месторождений. Обсуждается используемый комплекс эффективных камеральных и полевых методов исследования для получения достоверной геологической оценки выбранного объекта. Приводятся примеры эффективного геологического таргетирования, которое привело к открытию месторождений.

**Ключевые слова:** геологическое таргетирование; геологическая модель; прогноз; ресурсы; месторождение; эффективность; геологический риск.

Геолого-разведочные работы – достаточно капиталоемкая инвестиция в получение геологической информации по выбранному участку недр, а качество и успешность их проведения формируют его первичную стоимость. Эффективность уже первых этапов этих работ и оптимизация затрат на начальных стадиях их проведения остаются для любого инвестора или недропользователя серьезной задачей.

Одним из наиболее эффективных инструментов решения этих задач является метод геологического таргетирования\*, разработанный специалистами ООО "Институт геотехнологий" (ИГП). Этот метод объединяет эффективные камеральные и полевые методы исследования для получения достоверной геологической оценки выбранного объекта на начальных этапах поисково-оценочных работ, позволяет существенно уменьшить геологический риск, снизить финансовые затраты при первоначальной оценке участков и представляет комплекс работ:

- сбор, компиляция и анализ всех имеющихся геолого-геофизических и геохимических исторических данных;
- дешифрирование мультиспектральных космоснимков и детального ортофотоплана участка, полученного с использованием съемки беспилотными летательными аппаратами (БПЛА);
- поисковые ревизионно-поисковые маршруты с геохимическим опробованием и картированием рудоносных пород, геолого-структурными исследованиями для заверки перспективных аномалий.

По результатам работ строятся первые слои ГИС-проекта, на базе которого можно либо отбраковывать участок, либо оптимизировать дальнейшие инвестиции за счет фокусировки работ

ты на основных выявленных аномалиях. Относительно невысокая стоимость и оперативность таргетирования дает значительный экономический эффект на последующих этапах работ [1].

## МЕТОДИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ТАРГЕТИРОВАНИЯ ИНСТИТУТА ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

Эффективность таргетирования и ранней стадии поисковых работ определяется во многом оперативностью и глубиной анализа имеющихся данных и эффективностью поисковых методов и экспресс-методов оценки рудной минерализации.

В работе [2] проведен всесторонний анализ открытий золоторудных месторождений в Тихоокеанском рудном поясе (ТРП), сделанных за последние 35-45 лет. На большом статистическом материале выявлены причины снижения результативности поисковых работ, оценена эффективность геологических, геохимических, геофизических методов, изучения фондовых и опубликованных материалов, использования многофакторных прогнозно-поисковых моделей в открытии месторождений.

Основываясь на выводах данной работы, можно предположить, что таргетирование как начальный этап поисковых работ должно базироваться, в первую очередь, на оперативности и глубине анализа имеющихся фондовых и опубликованных данных, эффективности геологических поисковых маршрутов с использованием экспресс-методов оценки рудной минерализации на выбранных участках.

Базовые виды работ на разных стадиях геологического изучения объекта определяются "Методическим руководством по геологической съемке масштаба 1:50 000" (1974), разработанным

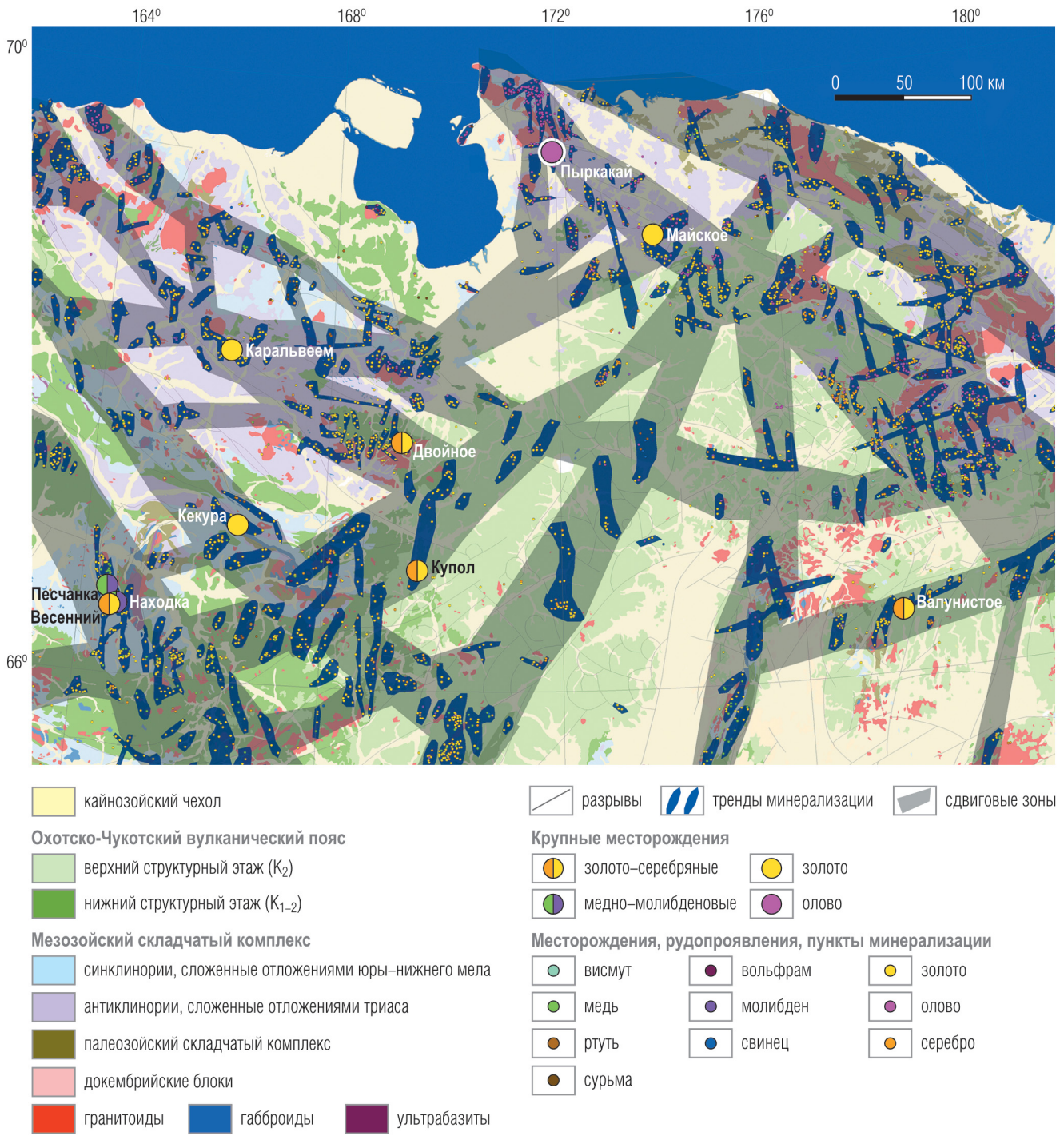
\* От английского слова "target" – цель. Термин "геологическое таргетирование" используется нами как аналог зарубежного термина "exploration targeting" (поисковое таргетирование) – выбор наиболее перспективных участков (целей) для поиска месторождений.

еще в советский период развития отечественной геологии, и принципиально не изменились. Этапность геолого-съемочных, поисково-оценочных и разведочных работ (предполевой камеральный, полевой и камеральный этапы) давно показала свою высокую эффективность. Такая этапность и последовательное накопление и анализ геологической информации были обязательной практикой советских и российских геологов. Подобная этапность сохраняется и при эффективном таргетировании, но при

этом перед исполнителями работ ставится определенная, экономически обоснованная цель.

Таргетирование проводится на основе геологической модели рудного объекта (рудного узла, структурного минерализованного тренда, рудного поля, поискового участка, месторождения). Предварительная геологическая модель создается на предполевом камеральном этапе, затем модель уточняется в поле и на камеральном этапе обработки полевых данных.

Рис. 1. Тектоническая схема Чукотки с трендами минерализации



## Предполевой камеральный этап

В геологических фондах проводится сбор первичных материалов из отчетов по геологической съемке, поискам и разведке, а также по геохимии, геофизике, тектонике, металлогении. Оценивается качество материалов и их достоверность. Много интересного и полезного можно узнать из протоколов НТС и отзывов рецензентов. Кроме отчетов изучаются материалы научных исследований – диссертации и опубликованные работы.

Для анализа отбираются необходимые карты, схемы, материалы дистанционного зондирования – аэрофотоснимки и космоснимки. Обычно используются материалы съемок спутниковых систем Landsat-8 (американский спутник дистанционного зондирования Земли, пространственное разрешение 30 м) и Sentinel-2 (система спутников дистанционного зондирования Земли Европейского космического агентства, пространственное разрешение 10 м). Сенсоры этих спутниковых систем охватывают всю видимую зону спектра и дополняются информацией из ближней инфракрасной и коротковолновой инфракрасной спектральных диапазонов.

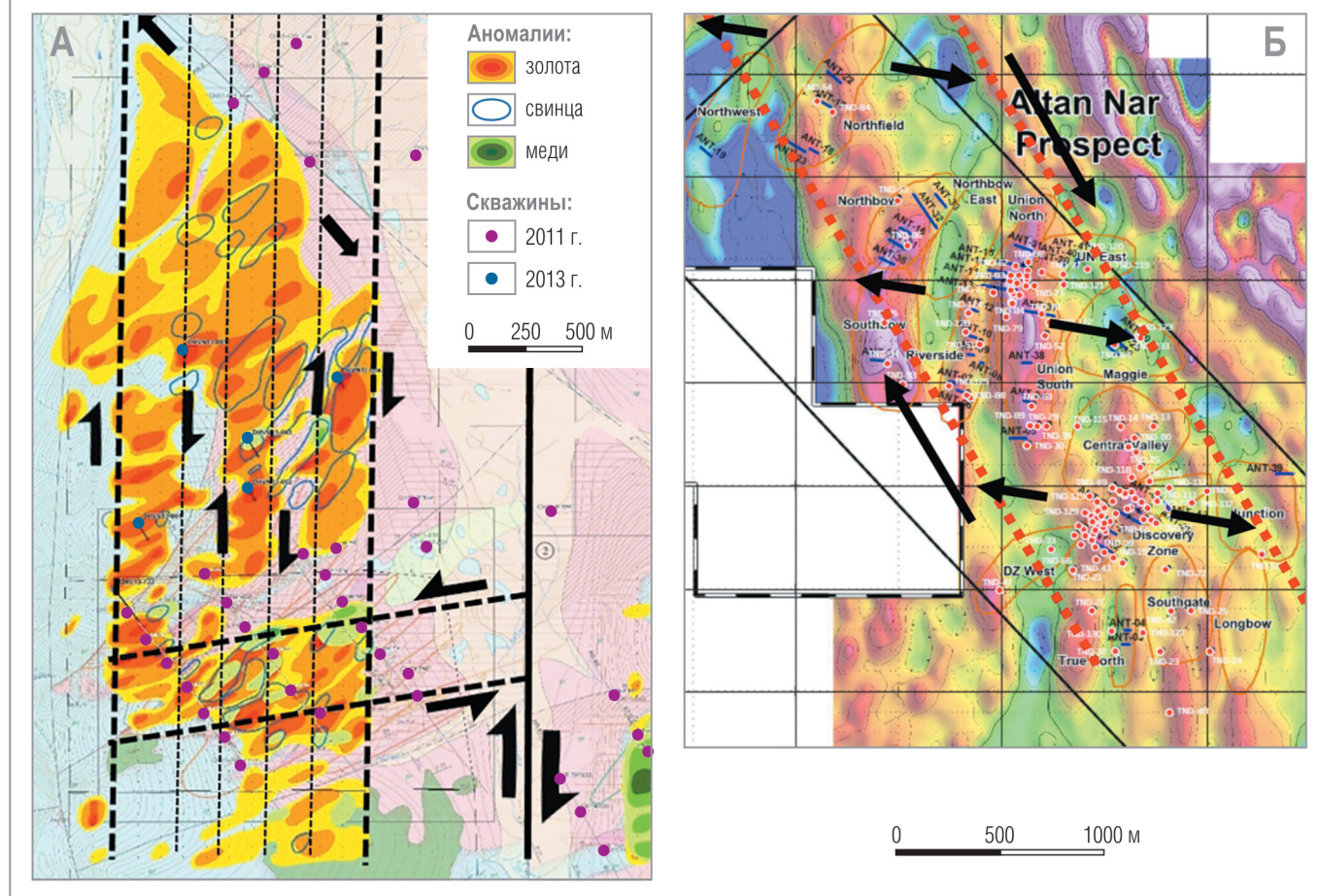
Отобранные растры карт и снимки пространственно привязываются в ГИС-проекте, который представляет собой структурированную многослойную геоинформационную модель, состоящую из растровых и векторных слоев. Атрибутивные таблицы наполняются информацией из отчетов. Затем по ним делаются выборки различных признаков, которые анализируются и используются при разработке прогнозно-поисковых моделей.

## Региональный структурно-металлогенический анализ

На этом этапе анализа данных выделяются региональные тренды минерализации и рудоконтролирующие структуры, определяется их кинематика. Проводится сопоставление выделенных структур с известными рудными узлами. На рис. 1 показан пример выделения трендов минерализации и рудоконтролирующих зон сдвига и растяжения Чукотки. В сопряженных сдвиговых зонах (левосторонних СВ-простираения и правосторонних СЗ-простираения) и в узлах их пересечения располагаются крупнейшие месторождения региона [3].

Региональный структурно-металлогенический анализ позволяет прогнозировать разномасштабные структурные ловушки

Рис. 2. Структурная интерпретация кулисных аномалий (А – почвенные аномалии золота на участке "Весенний" Баимской рудной зоны Западной Чукотки (Читалин и др., 2019), Б – кулисные аномалии вызванной поляризации на поисковом участке "Алтан-Нар" в Гоби-Алтае (Монголия))



минерализации – потенциальные рудные узлы, рудные поля и месторождения.

**Структурная интерпретация карт геохимических и геофизических аномалий**

Структурная интерпретация геохимических и геофизических аномалий позволяет выявить структурные тренды минерализации и установить их кинематику — это важно для прогноза рудных ловушек [4]. Так, кулисные почвенные аномалии на участке "Весенний" Баимской рудной зоны Западной Чукотки [5] соответствуют жильно-прожилковым зонам, которые являются кулисными структурами растяжения в меридиональной зоне правого сдвига.

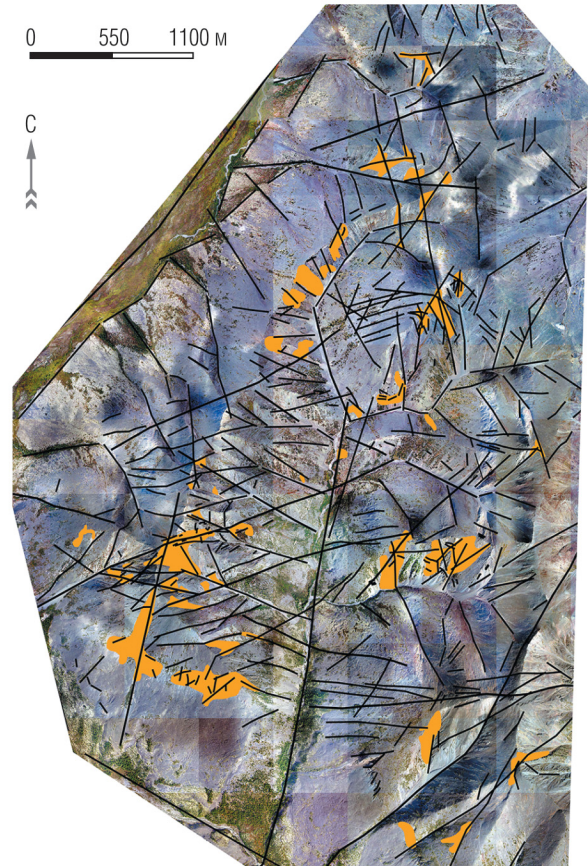
Минерализованные структуры растяжения располагаются с устойчивым структурным шагом, что позволяет прогнозировать новые рудные тела (рис. 2, А). Кулисные аномалии вызванной поляризации на поисковом участке золота в Гоби-Алтае в Монголии отражают линейные структуры растяжения с рудной сульфидной минерализацией, образовавшиеся в зоне правого сдвига (рис. 2, Б).

**Дешифрирование космоснимков и аэрофотоснимков**

Анализ материалов дистанционного зондирования позволяет выделить потенциально рудные объекты и рудоконтролирующие разломы.

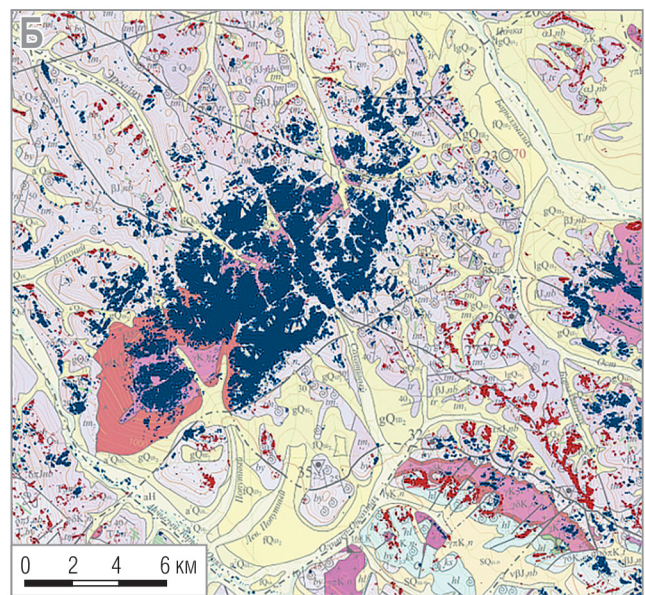
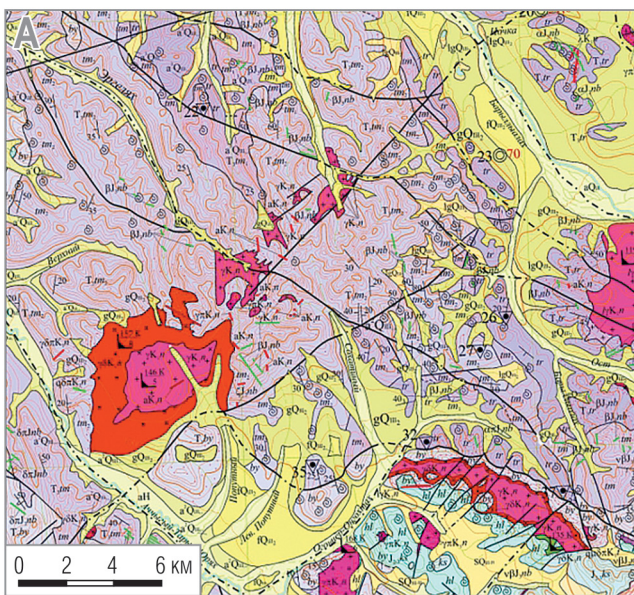
По мультиспектральным снимкам выделяются цветные аномалии, соответствующие зонам окисления рудных объектов, рудоносным гидротермально-метасоматическим ореолам. Прогнозируются рудные объекты меди, золота, серебра и полиметаллов, которые требуют заверки и изучения в полевых маршрутах. Ано-

Рис. 3. Схема дешифрирования аэрофотоснимка, полученного с БПЛА (Бурятия)



Примечание. Оранжевым цветом показаны участки сульфидизации и лимонитизации.

Рис. 4. Выделение перспективной ASTER аномалии в Южной Якутии (А – геологическая карта масштаба 1:200 000 третьего поколения; Б – ASTER аномалия)

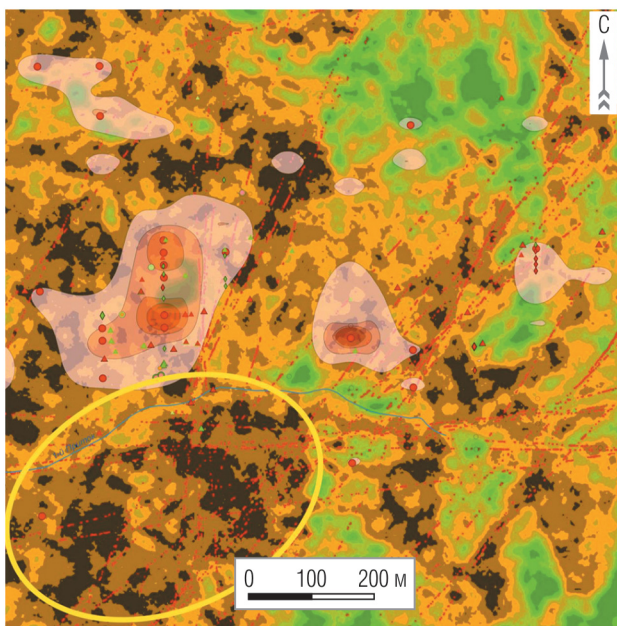


малии, выделенные на космоснимках, детализируются при дешифрировании аэрофотоснимков высокого разрешения, полученных с помощью БПЛА (рис. 3).

Компьютерный анализ гиперспектральных аномалий ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) позволяет выявлять метасоматиты и картировать их зональность. Так, ASTER-аномалия в Южной Якутии соответствует слабо эродированной части гранитоидного штока, где прогнозируются метасоматиты и штокверки, вмещающие золоторудную минерализацию (рис. 4).

Для выделения и анализа линеаментов на космоснимках и аэрофотоснимках используются специальные компьютерные программы, в частности, российская программа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis). На рис. 5 показан пример LESSA-анализа аэрофотоснимка высокого разрешения, полученного с помощью БПЛА на одном из поисковых участков в Бурятии. Выделяются, в частности, аномалии плотности линеаментов различных направлений, интерпретируемые как разрывы и зоны трещиноватости, контролирующие золоторудную минерализацию. Зоны концентрации линеаментов могут соответствовать структурным трендам минерализации и указывать направление поисковых коридоров. Узлы пересечения зон линеаментов и разрывов могут являться структурными ловушками растяжения и увеличения проницаемости пород – вероятность обнаружения здесь месторождений, особенно штокверкового типа, наиболее высокая.

Рис. 5. Аномалии плотности линеаментов, выделенные с помощью программы LESSA, и сопоставление их с почвенными аномалиями золота (Бурятия)



Примечание. Желтым эллипсом показан участок сгущения и пересечения линеаментов для полевой заверки.

### Материалы для полевых ревизионно-поисковых маршрутов на выбранных участках

Эффективность маршрутов определяется во многом качеством предполетной подготовки. Для эффективного проектирования и выполнения полевых маршрутов необходимо подготовить комплект карт в масштабах 1:25 000-1:10 000 и крупнее. Это геологические, геохимические, геофизические карты, космоснимки и аэрофотоснимки. Чем больше у геолога-эксперта различных карт предшественников, тем точнее можно спланировать маршрут по наиболее перспективным аномалиям. Помимо изучения геологии и минерализации в маршрутах оценивается качество и достоверность работ предшественников, в частности наличие на местности канав и скважин, показанных на картах (по опыту наших работ, иногда на картах показаны канавы и скважины, отсутствующие в натуре).

### Ревизионно-поисковые маршруты

Назначение ревизионно-поисковых маршрутов – заверить перспективные геологические, геохимические и геофизические аномалии, а также цветовые спектральные космо- и аэрофотоаномалии, участки сгущения линеаментов, определить тип рудной минерализации и оценить перспективы объекта (таргета) для выявления месторождения с заданными параметрами.

Ревизионно-поисковые маршруты на выбранных участках проводятся под руководством опытных геологов – экспертов, которые хорошо знают особенности месторождений, являющихся объектами поисков. В маршрутах выполняются комплексные исследования: определяются типы метасоматитов, характер гипогенной и гипергенной рудной минерализации, проводится штурфовое и почвенное опробование, химический анализ воды в ручьях и родниках, выполняются структурные исследования. На основе количественной оценки различных характеристик рудной системы – интенсивности метасоматоза, содержания рудных элементов, густоты прожилков, степени окисления – картируется зональность метасоматитов, рудных штокверков, зоны окисления. Выявляются минеральные ассоциации, создающие геохимические аномалии.

Непосредственно в поле заполняется электронная база данных, и результаты маршрутов оперативно анализируются в ГИС-проекте. Составляются полевые карты.

В маршрутах используются полевые экспресс-методы анализа для определения содержаний рудных минералов и элементов и элементов-спутников в породах, почвах, воде с применением портативного рентгенофлуоресцентного анализатора (Niton, Olympus или аналоги), измерителя кислотности и содержания меди в воде из ручьев и родников. Портативный спектрометр (Pima и аналоги) позволяет определить метасоматические минералы. Для экспресс-диагностики рудных минералов используется шлихование аллювия ручьев, делювиальных и элювиальных отложений. При поисках медных месторождений картируется купрумвад – медьсодержащие оксиды марганца (с помощью

10 %-ной соляной кислоты и железного гвоздя или молотка происходит реакция замещения с выделением самородной меди).

Непосредственно в поле по результатам экспресс-анализа составляются карты содержания рудных минералов и элементов. На основе картирования выделяются наиболее богатые участки рудных жил или штокверков и, с учетом выявленного морфологического типа рудного объекта, предварительно оцениваются его прогнозные ресурсы.

Маршруты выполняются с использованием цветных аэрофотоснимков высокого разрешения масштабов 1:1000-1:5000, полученных с беспилотных БПЛА, что повышает эффективность маршрутов, позволяет проводить детальное полевое дешифрирование и картирование, намечать маршруты для изучения интересных участков. Для оперативного дистанционного изучения труднодоступных скальных обнажений применяется плановая и перспективная аэрофотосъемка с малых БПЛА – дронов.

По результатам ревизионно-поисковых маршрутов должны быть отбракованы неперспективные и малоперспективные участки.

### Камеральный этап

На камеральном этапе с учетом полученной полевой информации уточняется предварительная геологическая модель участка и дается окончательное заключение о его перспективности.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ТАРГЕТИРОВАНИЯ

### Выбор участков поисков

Задача таргетирования – выбрать лучшие участки для выявления месторождений. Эта задача всегда стоит перед недропользователем, который занимается поисками месторождений или доразведкой их флангов.

В зависимости от поставленной задачи выбирается масштаб таргетирования – от регионального (рудные узлы) до локального (месторождение, рудное тело).

В течение всего процесса таргетирования проводится оценка и ранжирование участков. В ранжировании участвуют несколько геологов. Участки оцениваются по многим критериям, которые группируются в 5 основных групп: геологические, геохимические, экономические, инфраструктурные, риски.

По результатам окончательного ранжирования выделяются наиболее перспективные участки, которые рекомендуются к лицензированию или постановке геолого-поисковых и разведочных работ первой очереди. По желанию заказчика может быть выполнен SWOT-анализ (анализ сильных и слабых сторон проекта, возможностей и рисков) по геолого-экономическим и другим параметрам потенциального района работ.

В рыночных условиях геологическое таргетирование – это всегда оптимальное бизнес-решение (business decision). Недропользователь знает, какое месторождение ему нужно найти, исходя из экономической целесообразности его последующей раз-

ведки и обработки. Основные критерии выбора – размеры объекта, типы руды и ее качество, ожидаемые запасы, метод обработки – открытый или подземный, инфраструктура, различные риски.

У разных компаний – разные цели. Например, на Дальнем Востоке России таргетами крупных горно-добывающих компаний являются крупнотоннажные медно-порфировые месторождения с запасами меди не менее 2-5 млн т и золоторудные месторождения с запасами золота не менее 30-100 т. Менее крупные компании готовы искать месторождения с меньшими запасами, если для них это выгодно.

В любом случае четко поставленная цель предопределяет итоговую эффективность таргетирования и стратегию дальнейших поисков, так как на ранних этапах выбора отсеиваются участки, на которых маловероятно обнаружение месторождений с заявленными параметрами, а средства и силы концентрируются на самых перспективных участках.

Актуальность таргетирования возрастает по мере увеличения лицензионной активности недропользователей. За время действия "заявительного принципа" на получение лицензий на недропользование, на начало 2019 г., принято 2069 решений о предоставлении права пользования недрами, выдано 1935 лицензий, в том числе 749 – в 2018 г., т.е. на данный момент 2069 площадей уже могут находиться на стадии исследования.

Работая с юниорными и горно-добывающими компаниями, специалисты ИГТ убедились, что истинный ресурсный потенциал участков зачастую не соответствует ожиданиям их владельцев. Многие недропользователи делают одни и те же ошибки в последовательности выполняемых работ, выборе стратегии инвестирования в геологоразведку и определении дальнейших возможных сценариев развития проектов, соответственно все это сопровождается дополнительными затратами. Поэтому важнейшей задачей таргетирования является максимально возможная корректная оценка ресурсного потенциала и первоочередных направлений поисков и разведки объектов на площади работы.

### Аукционы и конкурсы – их роль в таргетировании

Участие в конкурсах и аукционах (тоже своеобразное таргетирование) – выбор и приобретение перспективного участка (предлагаемого государством или заявленного недропользователем).

По данным, опубликованным Роснедрами, уменьшается число ежегодно проводимых аукционов и конкурсов, увеличивается доля несостоявшихся аукционов и конкурсов. По твердым полезным ископаемым в 2010-2013 гг. было прекращено 688 действующих лицензий.

Основной причиной прекращения является отказ владельца лицензии от права пользования недрами – удельный вес "отказных" лицензий от 43 до 61 % от общего числа прекращенных лицензий ([www.zolotodb.ru/article/11153](http://www.zolotodb.ru/article/11153)). В 2018 г. было проведено 300 аукционов и конкурсов на право пользования недрами на

твердые полезные ископаемые, из них состоявшимися признаны 232 (77,3 %) ([www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/6104.pdf](http://www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/6104.pdf)). Вероятно, отказы от лицензий и неучастие в аукционах свидетельствуют о разочаровании при поисках и малой привлекательности предлагаемых участков.

Опыт специалистов ИГТ по геологическому сопровождению поисково-оценочных работ на некоторых участках, приобретенных недропользователями на государственных аукционах, показывает, что качество многих аукционных предложений низкое. Заявленные на аукционах прогнозные ресурсы участков часто не подтверждаются при поисках. Недропользователь теряет деньги, время и доверие к предлагаемым государством активам, но новых месторождений на проданных участках с недостоверными ресурсами не открывается.

Так как существует риск приобрести на аукционе участок, на котором нет месторождения необходимого размера и качества, то потенциальный недропользователь должен иметь возможность посетить участки и оценить их еще до аукциона. Это поможет снизить риск приобретения малоперспективных участков. Так, например, геологи компании Phelps Dodge провели рекогносцировочные маршруты на предлагаемых государством участках лицензирования еще до начала объявленных аукционов. Некоторые участки были отбракованы – они не удовлетворяли требованиям компании.

Введенный в 2016 г. "заявительный" принцип предоставления в пользование участков недр с низкой степенью геологической изученности предполагает активное участие недропользователя в выборе перспективного участка. Если недропользователь сам выбрал участок для лицензирования на основании собственной экспертизы геологических данных и полевого обследования, то риск не обнаружить месторождение с заданными параметрами также существует, но он может быть существенно уменьшен, а вероятность открытия месторождения увеличится.

Таким образом, полноценное камеральное и полевое таргетирование помогает недропользователю выбрать лучшие участки для обнаружения месторождения. Такие участки обладают высокой инвестиционной привлекательностью для более эффективных капиталовложений.

### Открытие крупных месторождений – цель геологического таргетирования

Специалисты ИГТ накопили большой опыт таргетирования в разных регионах России и за рубежом, применяя методику таргетирования, которая эффективно использовалась крупными горно-рудными компаниями BHP, Phelps Dodge при поисках крупных месторождений на Дальнем Востоке и Камчатке, и постоянно совершенствуя ее. Составлена принципиальная схема геологического таргетирования, применяемая при разработке программ поисково-разведочных работ (рис. 6).

В качестве примера эффективности полноценного таргетирования можно привести прогнозирование и открытие в Хаба-

ровском крае крупного золото-медно-порфирового **месторождения Малмыж**.

В советское время целью поисков на Дальнем Востоке были золоторудные и оловорудные месторождения, а поиски месторождений других металлов не являлись приоритетными. Так, в советских геологических отчетах по Хабаровскому краю описаны многочисленные участки с медно-порфировой минерализацией, которые были рекомендованы авторами отчетов для детальных поисков. Были выполнены также обобщающие металлогенические и геохимические работы, в которых была обоснована перспективность многих участков. Однако, целенаправленных поисков медно-порфировых месторождения в Хабаровском крае не проводилось, а по участку "Малмыж" были получены отрицательные результаты поисковых работ на золото.

В 2005-2009 гг. американской компанией Phelps Dodge Corporation при непосредственном участии российских геологов (сотрудников компании) было открыто золото-молибден-медно-порфировое месторождение Малмыж. Руководством компании была поставлена цель – найти крупное золото-медно-порфировое месторождение с запасами меди не менее 2 млн т, с зоной вторичного медно-сульфидного обогащения [6]. На предполевом камеральном этапе геологами поискового отряда были изучены фондовые геологические, геохимические и геофизические отчеты по Хабаровскому краю, минерагеническая карта и записка к ней (отчет М.В. Мартынюка и др., 2000). Были выбраны 200 участков, потенциально перспективных для поисков крупных медно-порфировых месторождений. Проведено ранжирование участков по комплексу критериев – геологических и инфраструктурных. Участок "Малмыж" получил первый приоритет.

В течение двух полевых сезонов была проведена полевая рекогносцировка на 40 участках, по результатам которой 4 участка рекомендованы для лицензирования. На участке "Малмыж"

Рис. 6. Принципиальная схема геологического таргетирования, применяемая специалистами ИГТ при разработке программ поисково-разведочных работ



спрогнозирована крупная линейная золото-молибден-медно-порфировая система, аналогичная месторождению Ою-Толгой в Монголии. В результате дальнейших поисково-оценочных работ было открыто месторождение Малмыж мирового класса. Примечательно, что прогнозные ресурсы категорий  $P_1+P_2$  (4,9 млн т меди, 226 т золота) и ресурсный потенциал месторождения (меди более 10 млн т, золота более 500 т), оцененные по результатам таргетирования и бурения первых поисковых скважин [5], практически совпали с разведанными запасами категорий  $C_1+C_2$  (5,6 млн т меди, 298 т золота) и прогнозными ресурсами категории  $P_1$  (3,3 млн т меди, 151 т золота) (Thomas Bowens, MINEX Presentation, 2015).

Другим примером эффективного таргетирования является выбор для лицензирования Баимской рудной площади на Чукотке (по результатам анализа фондовых отчетов). Проведенные в 2009-2015 гг. поисково-оценочные и разведочные работы позволили открыть (поставить на государственный баланс запасы меди, золота, молибдена) крупное медно-порфировое **месторождение Песчанка**, оценить запасы и прогнозные ресурсы медно-порфировых **участков Находкинского рудного поля**, положительно оценить другие известные перспективные участки, выявить новое перспективное проявление медно-порфировых руд на **участке "Правый Светлый"**; на **участке "Весенний"** были выявлены значительные прогнозные ресурсы золота и серебра категорий  $P_1+P_2$  и установлены многофакторные предпосылки выявления крупного месторождения [5, 7].

Востребованность геологического таргетирования недропользователями в настоящий период высока – за период 2016-2019 гг. сотрудниками ИГТ было выполнено 7 проектов по таргетированию в России (Рудный Алтай, Южный Урал, Хабаровский край, Западная Чукотка, Магаданская область, Верхне-Индиго-Ирский район, Бурятия) и 4 проекта за рубежом (Монголия, Казахстан, Киргизстан, Южная Австралия).

## Ревизия геохимических ресурсов в процессе таргетирования

В процессе таргетирования возможна переоценка геохимических прогнозных ресурсов, если установлен иной тип минерализации, чем предполагалось ранее.

Так, на одном из участков Западной Чукотки специалистами ИГТ проводилось таргетирование с целью поисков медно-порфирового месторождения. На камеральном этапе по фондовым материалам была выбрана перспективная крупная вторичная аномалия меди и молибдена, которая предшественниками связывалась с гипотетическим медно-порфировым штокверком. Геохимические прогнозные ресурсы категории  $P_3$  этой аномалии (с глубиной подвески 200 м) составили 2 млн т меди. В контуре геохимической аномалии и вокруг нее также была выявлена интенсивная аномалия вызванной поляризации. Предшественниками на участке прогнозировалось крупное медно-порфировое месторождение.

Для изучения гипотетического медно-порфирового штокверка специалистами ИГТ были выполнены ревизионно-поисковые маршруты через ядерные части геохимических и геофизических аномалий. В маршрутах картировались метасоматиты и рудная минерализация, отбирались пробы, проводились структурные исследования. Было установлено, что вторичные геохимические аномалии связаны с редкими (1 % объема) маломощными (1-3 м) и протяженными кварц-сульфидными жильно-прожилковыми зонами и обширными делювиальными шлейфами механического рассеивания рудных обломков, покрывающими крутые склоны, на которых в промоинах обнажаются коренные неминерализованные "пустые" интрузивные породы. Таким образом, было установлено, что обширная вторичная аномалия меди и молибдена была обусловлена не медно-порфировым штокверком, а плащом маломощных делювиальных шлейфов, содержащих обломки рудоносных жил. Предполагаемый медно-порфировый штокверк на уровне современного эрозионного среза отсутствует. Геохимические ресурсы меди с учетом новой геологической интерпретации (жильный тип) были уменьшены в 100 раз и составили всего 20 тыс. т меди.

Однако по комплексу поисковых признаков и характерной концентрической в плане геохимической и геофизической зональности медно-порфировый штокверк нами был спрогнозирован в слепом залегании на глубине более 500 м. Очевидно, что при обнаружении такого штокверка с небогатыми рудами, характерными для большинства медно-порфировых месторождений, запасы не могут быть отработаны открытым способом (карьером). А вероятность обнаружения крупных запасов очень богатых руд (для подземной отработки) весьма невелика. Поэтому, с учетом предполагаемого глубокого залегания рудного штокверка, дальнейшие поиски медно-порфирового месторождения на участке сопряжены с большим геологическим риском и вряд ли будут экономически целесообразными.

Таким образом, полевая заверка первоначально выбранного перспективного участка привела к уточнению геологической модели объекта, существенному уменьшению его геохимических прогнозных ресурсов и в результате – к рекомендации прекратить поиски на участке в связи с большим геологическим риском найти там промышленное месторождение. Решение, конечно, остается за Заказчиком, но рекомендации ИГТ могут помочь ему сэкономить средства и время.

## Геологическое таргетирование и модели месторождений

Модели месторождений отражают основные особенности их строения – в этом ценность моделей для сравнения с ними изучаемых объектов. Но модели отражают общие закономерности, а каждое месторождение уникально! Поэтому при таргетировании необходимо осторожно применять модели, так как можно "зарубить" будущее месторождение! Например, экспертом было дано отрицательное заключение по участку "Малмыж", так как не



нашлось аналога среди известных моделей медно-порфировых месторождений. Но Малмыж стал месторождением мирового класса [6]!

Известный геолог-эксперт Noel White сказал: "Геолог должен знать модели месторождений, но когда изучается рудный объект – забудьте о моделях!". Специалисты ИГТ руководствуются этим принципом, чтобы избежать "зашоренности" и влияния моделей на процесс изучения и познания объекта исследования.

Таргетирование – это творческий процесс, который требует научного и комплексного подхода. Методология научного исследования, как известно, включает следующие этапы:

- сбор и обработка первичных данных;
- анализ собранных данных;
- синтез всей полученной информации;
- интерпретация полученных данных и создание модели объекта изучения;
- выводы, следующие из модели;
- научный прогноз;
- проверка прогноза.

Разработкой моделей месторождений, а также научно-методических основ их прогноза, поисков и оценки занимаются специализированные научные организации и эксперты [8, 9]. Специалисты ИГТ стараются использовать все достижения науки в этой области и вносят свой посильный вклад в совершенствование моделей месторождений и их разумное использование при геологическом таргетировании.

## Выводы

Геологическое таргетирование является очень важным и необходимым инструментом на начальных этапах поисков месторождений, так как позволяет эффективно "фильтровать" и оценивать перспективные участки, выбирая лучшие из них, где с наибольшей вероятностью можно найти промышленное месторождение с необходимыми параметрами. Этот сервис существенно экономит средства недропользователей и уменьшает время поисков.

Методология эффективного таргетирования ИГТ основана на сочетании глубокого анализа всех имеющихся данных, создании адекватной геологической модели и ее оперативной полевой проверке с применением современных методов картирования рудных объектов, экспресс-оценки рудной минерализации, использовании материалов дистанционного зондирования высокого разрешения.

## Литература

1. Агапитов Д.Д., Читалин А.Ф., Добрынин Д.В. Комплексные исследования для снижения геологического риска при выборе площадей для лицензирования и на ранних стадиях их изучения // Золото и технологии. – 2019. – Сентябрь № 3(45). – С. 40-47.
2. Малмыж – новая крупная золотомедно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А.Ф. Читалин, А.А. Ефимов, К.И. Воскресенский, Е.К. Игнатьев, А.Г. Колесников // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 3. – С. 65-69.

3. Читалин А.Ф., Усенко В.В., Фомичев Е.В. Баймская рудная зона – кластер крупных месторождений цветных и драгоценных металлов на западе Чукотского АО // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 6. – С. 68-73.

4. Перспективы открытия крупнотоннажного золото-серебряного месторождения на участке "Весенний" Баймской рудной зоны, Западная Чукотка / А.Ф. Читалин, Д.Д. Агапитов, А.Р. Штенгелов, В.В. Усенко, Е.В. Фомичев // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2019. – № 2. – С. 22-29.

5. Читалин А.Ф. Геолого-структурная интерпретация геофизических и геохимических аномалий Баймской рудной зоны, Западная Чукотка: тез. Междунар. геол.-геофиз. конф. и выставки "ГеоЕвразия 2019". – Тверь: ООО "ПолиПРЕСС", 2019. – С. 961-966.

6. Открытия месторождений золота в Тихоокеанском рудном поясе – опыт и прогноз / С.Ф. Стружков, В.В. Аристов, В.А. Данильченко, М.В. Наталенко, А.В. Обушков // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – № 3. – 2008. – С. 79-89.

7. Оценка минерагенического потенциала Чукотки и перспективы выявления новых площадей для поисков месторождений золота и серебра – рекомендации для Majors и Juniors / А.Ф. Читалин, Д.Д. Агапитов, А.Р. Штенгелов [и др.] // Золото и технологии. – 2017. – Март № 1(35). – С. 132-138.

8. Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: сб. тез. докл. IX Междунар. науч.-практ. конф. (17-19 апреля 2019 г., Москва, ФГБУ "ЦНИГРИ"). – М.: ЦНИГРИ, 2019. – 252 с.

9. McCuaig, T.C and R.L. Sherlock, R.L., 2017, Exploration Targeting, in "Proceedings of Exploration 17: Sixth Decennial International Conference on Mineral Exploration" edited by V. Tschirhart, M.D. Thomas, 2017. – P. 75-82.

© Читалин А.Ф., Агапитов Д.Д., Штенгелов А.Р., Усенко В.В., Фомичев Е.В., 3/2020

**ЧИТАЛИН Андрей Федорович**, главный геолог, старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, первооткрыватель месторождения, a.chitalin@igeotech.ru

**АГАПИТОВ Дмитрий Дмитриевич**, исполнительный директор, эксперт ГКЗ РФ, член Евро-Азиатского геофизического общества, кандидат геолого-минералогических наук, первооткрыватель месторождения, d.agapitov@igeotech.ru

**ШТЕНГЕЛОВ Артем Ростиславович**, генеральный директор "ИГТ-сервис", эксперт ГКЗ РФ, первооткрыватель месторождения, a.shtengelov@igeotech.ru

**УСЕНКО Виктор Владимирович**, ведущий геолог, директор департамента ТПИ, v.usenko@igeotech.ru

**ФОМИЧЕВ Евгений Вячеславович**, ведущий геолог, начальник геологического управления, эксперт ГКЗ РФ, e.fomichev@igeotech.ru

## Geological targeting – a tool to increase efficiency of prospecting

**A.F. Chitalin, D.D. Agapitov, A.R. Shtengelov, V.V. Usenko, Y.V. Fomichev** (Institute of Geotechnology, Moscow)

The methodology of geological targeting, used by the Institute of Geotechnologies to select the most promising areas for the search for ore deposits, is considered. The complex of effective camera and field research methods used to obtain a reliable geological assessment of the selected object is discussed. Examples of effective geological targeting that led to the discovery of deposits are given.

**Key words:** geological targeting; geological model; forecast; resources; field; efficiency; geological risk.