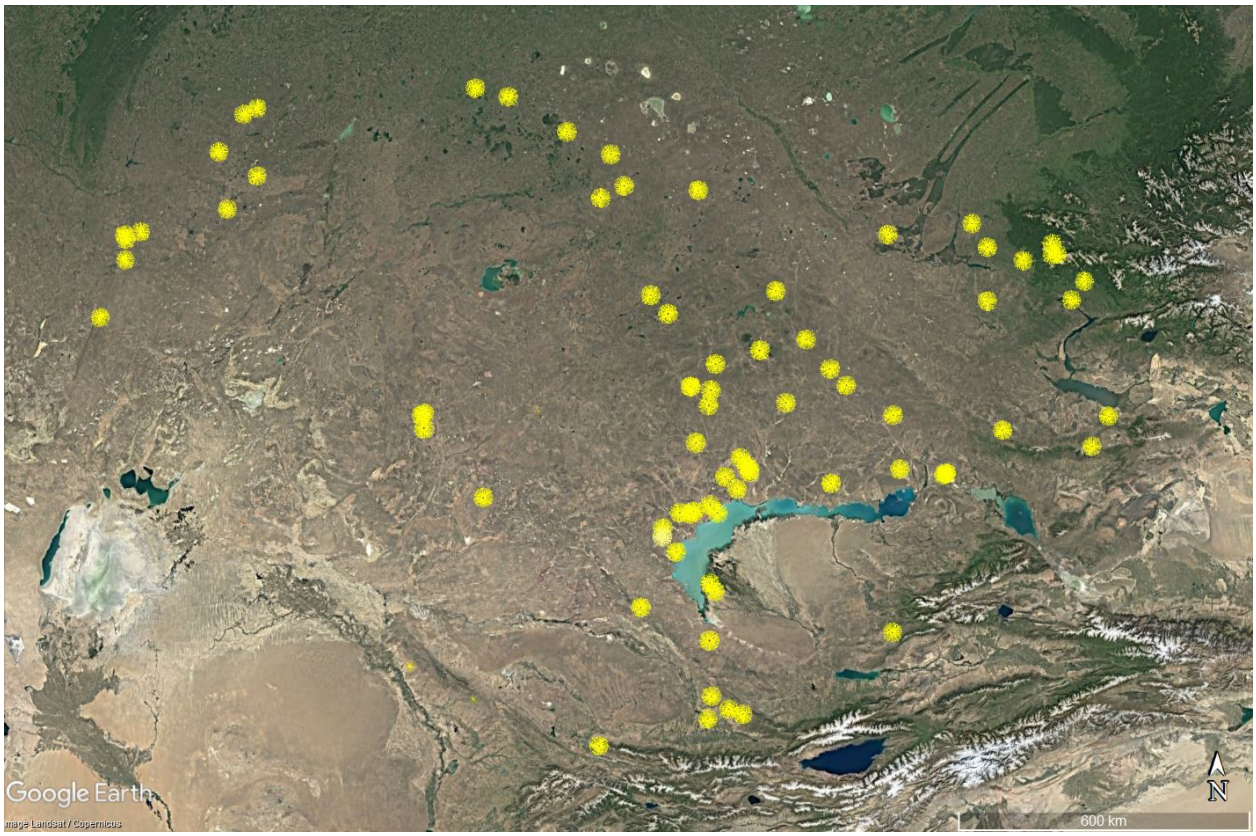
На рисунке показаны основные в Казахстане месторождения золота и полиметаллических руд.



Из рисунка видно, что эти объекты группируются в одних местах и отсутствуют в других. Почему? Для ответа на этот вопрос, сравним особенности генезиса золоторудных и меднорудных объектов.

Критерий	Крупные месторождения Золота (Au)	Крупные месторождения Меди (Cu)
Главный источник металла	Преимущественно земная кора (черные сланцы, зеленокаменные пояса), где флюиды «выщелачивают» рассеянное золото с огромных площадей.	Основная масса поступает напрямую из мантии или глубоко переработанной нижней коры в ходе плавления при субдукции.
Масштаб рудной системы	Требуются сверхглубокие коровые разломы, выступающие в роли магистральных каналов для восходящих флюидов.	Требуются гигантские объемы магмы (магматические очаги объемом в сотни кубических километров).
Химическая среда переноса	Переносится гидротермальными растворами в виде гидросульфидных комплексов ($AuHS_2$).	Переносится высокотемпературными магматическими флюидами преимущественно в виде хлоридных комплексов ($CuCl_2$).
Факторы осаждения металла	Изменение давления, падение концентрации серы при кристаллизации пирита (сульфидизация) или смешение флюидов.	Резкое падение температуры, кипение флюида и нейтрализация кислотами вмещающих пород.
Геодинамическая обстановка	Зоны коллизии плит (орогенные пояса), зоны сдвиговых деформаций земной коры.	Островные дуги и активные континентальные окраины (зоны субдукции).

Когда порода плавится на глубине, золото и медь находятся в ней в растворенном виде, но в маленьких концентрациях. Силикатный расплав не может создать месторождение — металлы в нем просто рассеялись бы равномерно по всей толще материала. Чтобы возникло месторождение, металлы из расплава должны быть экстрагированы (выжаты). По мере того как магма поднимается к поверхности, давление падает, и из расплава начинает выделяться растворенный в нем флюид — агрегатное состояние, совмещающее свойства плотного газа и жидкого солевого раствора. Этот флюид чрезвычайно агрессивен и насыщен летучими компонентами: серой, хлором и углекислым газом. Медь и золото покидают силикатный расплав и связываются в подвижные химические комплексы. Таким образом, оба металла выносятся из магматического очага вместе, в составе одного и того же горячего флюидного потока.

Медь оседает раньше и глубже, так как медные комплексы менее стабильны при падении температуры. Когда флюид поднимается до глубины порядка 2–4 км и остывает примерно до 400–350 °C, медь теряет подвижность, соединяется с серой и выпадает в осадок в виде минерала халькопирита ($CuFeS_2$), формируя медную руду.

Золото летит дальше и выше, так как сульфидные комплексы золота гораздо более летучи. Золото может оставаться растворенным во флюиде (и даже в чистом вулканическом газе) при более низких температурах и давлениях.

Когда флюид поднимается до глубины порядка 1 км, происходит резкое падение давления, и раствор закипает. Газ, точнее пар, отделяется от жидкости, химическое равновесие мгновенно нарушается, и вот тут золото массово кристаллизуется, часто образуя богатые кварцевые жилы с самородным золотом. Оставшаяся часть золота в виде летучих соединений улетает с вулканическими газами в атмосферу. Именно поэтому месторождения коренного золота часто вытягиваются в чёткие, узкие линии («рудоносные пояса» или «нити»), в то время как медные месторождения на картах выглядят как крупные округлые площади, пятна или обширные кластеры. Всё дело в геометрии тех «подземных резервуаров» и каналов, через которые эти металлы поступали на поверхность.

Золотые «линии» привязаны к глубинным разломам. Когда на карте видна линейная цепочка золотых месторождений, то это древний шов тектонического разлома (линия столкновения литосферных плит). Золоторудные флюиды зарождаются на глубине до 10–15 км. Чтобы подняться наверх, им нужно идеальное русло. Тектонический разлом — это гигантская трещина в земной коре шириной от нескольких метров до километров и длиной в сотни и тысячи километров. Сжатие плит буквально «выжимает» золотоносный раствор из глубин вверх по этой узкой трещине. Раствор движется строго по разлому, вдоль которого золото и кристаллизуется в виде цепочки жил. На карте это выглядит как идеальная тонкая линия.

Медные «площади» привязаны к магматическим очагам (порфировый тип). Главный источник мировой меди — это медно-порфировые месторождения. Они привязаны не к плоским трещинам-разломам, а к объемным геометриям магматических интрузий. При формировании месторождения на глубине 2–4 км под древним вулканом остывает гигантский пузырь магмы — магматический очаг. Он имеет округлую или куполообразную форму и может занимать площади в десятки и сотни квадратных километров. Когда из этой остывающей массы выделяются флюиды, они не улетают вверх по одной трещине, а взрывают и растрескивают всю породу вокруг купола. Получается, что медь откладывается в миллионах мелких, пересекающихся во всех направлениях трещинок – такая структура называется штокверк. Когда геологи наносят штокверки на карту, они получают не линии, а округлые площади, овалы или обширные пятна оруденения.

Таким образом, золоторудные месторождения расположены по линиям коровых разломов, а медные месторождения приурочены к площадям палеовулканической деятельности.

Если сильно упростить работу современной геологической компании, то получится следующее:

- Золото ищут «поперек» — находят по снимкам или магнитометрии длинную линию разлома и бурят серии скважин перпендикулярно ей, чтобы нащупать узкую жилу.
- Медь ищут «сеткой» — покрывают обнаруженное на спутнике округлое пятно регулярной сеткой измерений (например, 100 на 100 метров) и бурят серии скважин, чтобы составить 3D-модель подземного скопления медной руды.

Для того, чтобы снизить затраты на бурение скважин на разведочном участке предварительно Производят анализ используя различные методы: Спутниковая спектрометрия (искажение цвета скал), Электроразведка (это главный метод для меди), Гравиразведка (магматический очаг, принесший медь, часто имеет другую плотность, нежели вмещающие его древние сланцы), Космос и аэрофотосъемка (линеаменты), Магниторазведка (с вертолета или беспилотника), Геохимические методы.

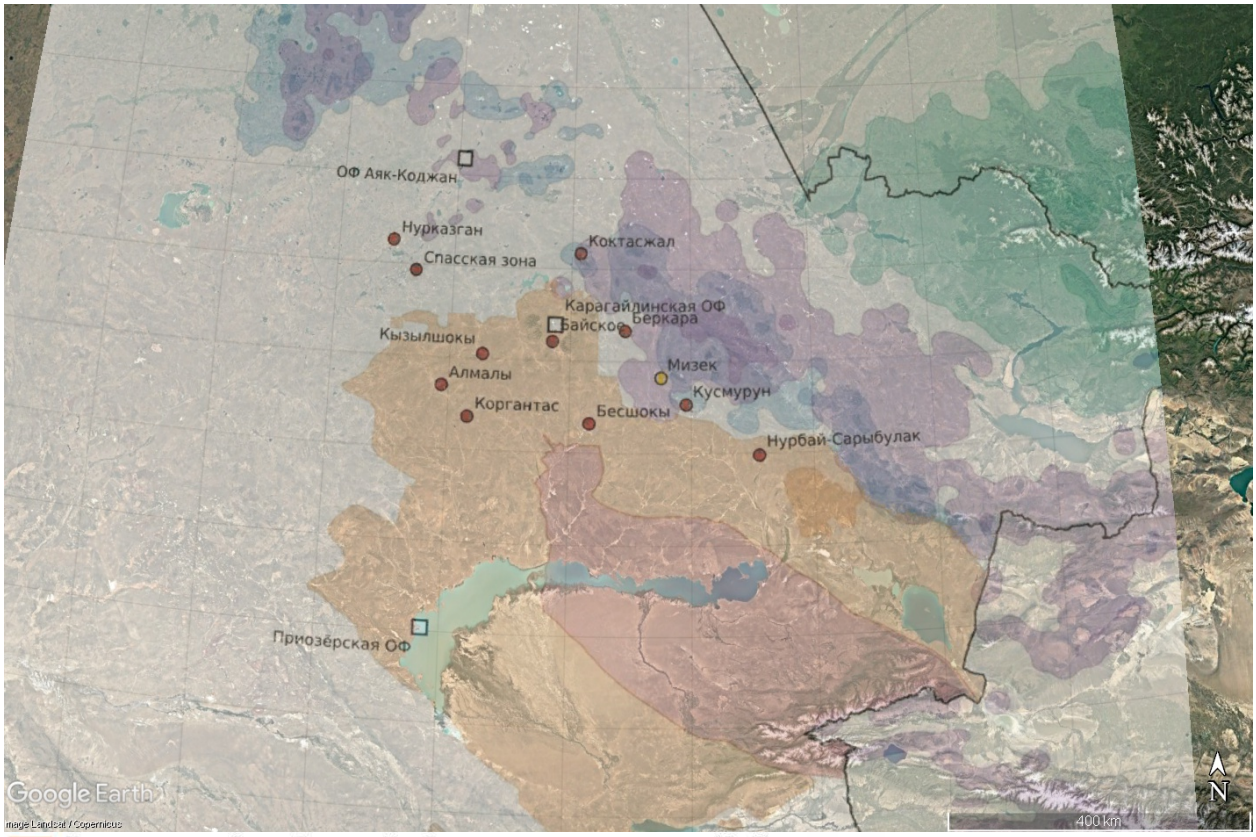
Эти методы позволяют приближенно оконтурить месторождение до начала буровых работ.

Сводная таблица предполагаемых размеров некоторых месторождений Казахстана

Месторождение	Основной тип руд	Длина х Ширина	Главная особенность
Жезказган	Медь	10–12 км х 1.5–2 км	Выходы пластов огибают структуры буквой «П».
Шевченковское	Никель, Кобальт	3.5–4.5 км х 50–300 м	Сама кора выветривания и есть руда. Лежит прямо под ногами.
Бозшаколь	Медь, Молибден	3.5–4.0 км х 0.5–1.5 км	Мозаичные, масштабные поля порфирового выветривания.
Сырымбет	Олово, Полиметаллы	4.0 км х 100–250 м	Погребенная оловоносная кора выветривания под 18-метровым слоем глин.
Чекмарь	Цинк, Свинец, Медь	2.5 км	Вулкано-купольная структура, сближенные линзы руд.
Ново-Лениногорское	Барит, Полиметаллы	Выходов нет (проекция 2.5–3 км)	Абсолютно «слепое» месторождение на глубине от 720 до 1250 метров.
Риддерское	Цинк, Свинец, Золото	2.0–2.5 км х 0.8–1.0 км	Старейший рудник Алтая. Богатая «голова» отработана Риддерским провалом.
Малеевское	Цинк, Медь, Золото	Выходов почти нет (проекция 1.5–2 км)	Слепое месторождение. Главная сверхбогатая зона на глубине от 100–300 м.
Актогай	Медь	2.5 км х 50–830 м	Сплошной поверхностный оксидный щит.
Айдарлы	Медь, Молибден	1.8–2.2 км х 0.8–1.2 км	Крупнейший нетронутый порфировый овал. Ждет масштабного освоения.
Коксай	Медь, Золото	1.2–1.5 км	Два обособленных штокверка (Западный и Восточный) с глубоким окислением.
Коунрад	Медь	1.0–1.3 км х 100–800 м	Легендарная «опрокинутая чаша». Идеальная эталонная зональность.
50 лет Октября	Медь	0.8–1.0 км	Компактная, крутопадающая колчеданная линза мугоджарского типа.
Саяк (Саяк-IV)	Медь, Золото	0.8–1.0 км	Капризные, извилистые медно-скарновые гнезда на контакте с известняком.
Шалкия	Цинк, Свинец	3.5–4.5 км х 200–800 м	Погребенное месторождение. Скрыто под наносами.
Ачисайское	Свинец, Цинк	500 м х 100 м	Компактные выходы. Уникальные «цинковые глинки» в зоне окисления.

Для того чтобы увидеть области древней вулканической активности на современной карте, необходимо сопоставить палеогеографические зоны с конкретными географическими регионами Казахстана. Так как эти магматические дуги и складчатые зоны формировались сотни миллионов лет назад, сегодня они представляют собой горные системы, хребты и геологические структуры.

Ниже представлена карта, полученная наложением древних зон вулканической активности на карту Google. Эта карта связывает палеозойские магматические дуги и зоны с их реальным географическим положением.



Позднепалеозойская Балхаш-Илийская магматическая дуга (C_1–P)
Центрально-Балхаш-Илийская дуга (C_2–P)
Казахстан–Тянь-Шань: кембрий-силур (Кипчакская и Степняк-Северотяньшаньская островные дуги)
Казахстан–Тарим: девон–ранний триас (Балхаш-Илийская окраинно-континентальная дуга)
Монголо-Алтайская зона: девон–ранняя пермь
Ордовикская Северо-Тяньшаньская дуга
Чаткало-Кураминская зона (C_2–P)

Позднепалеозойская Балхаш-Илийская магматическая дуга (Казахстан-Тарим девон — ранний триас). Протягивается широкой дугой вдоль северного и восточного побережья озера Балхаш, уходя на юг в сторону Илийской впадины и гор Заилийского Алатау. На геологических картах Paleokazakhstan она выражена мощными толщами девонских и каменноугольных вулканитов.

Центрально-Балхаш-Илийская дуга. Центральная осевая часть дуги захватывает структуры Чу-Илийских гор и Джунгарского Алатау.

Кипчакская и Степняк-Северотяньшаньская островные дуги (кембрий — силур). Эти палеоостровные дуги сейчас обнажены в структурах Центрального Казахстана (район Степняка, Кокчетава) и вытягиваются на юго-восток через хребет Чингиз к Северному Тянь-Шаню.

Монголо-Алтайская зона (девон — ранняя пермь). Крайний восток Казахстана, переходящий в границы России, Монголии и Китая. Это складчатые системы Рудного и Южного Алтая.

Ордовикская Северо-Тяньшаньская дуга. Хребты Заилийский Алатау, Киргизский, Терскей-Ала-Тоо. Представляет собой каледонский фундамент Северного Тянь-Шаня.

Чаткало-Кураминская зона. Западный Тянь-Шань, на стыке границ Узбекистана, Таджикистана и Кыргызстана (Кураминский и Чаткальский хребты в районе Ферганской долины).

Считается, что если рассматриваемый геологический участок находится на территории древней вулканической деятельности, то возрастает вероятность обнаружения Cu-Au месторождения.