

Вместо выводов и в помощь наших предположений можно привести некоторые важные высказывания наших знаменитых предшественников.

"Постоянство азимутальной ориентировки структурных направлений является следствием относительной неизменности структурно – динамических условий, т.е. основного тектонического поля на протяжении длительного времени, если не всей истории геотектонической истории Земли" (Ю.М. Шейнманн, В.Е. Хаин, 1960).

"...Узнаются различные географически независимо подтверждаемые структурные направления северо-восточного, а также субмеридионального направлений и субширотного направлений, создающих (подчеркивающих) региональную делимость (организацию) среды Восточно-Европейской платформы. Предполагается, что эти структурные зоны, укладываемые в систему ортогональных и диагональных направлений, свидетельствуют об общей целостности, единстве платформы в течение всей геологической истории и неизменности поля тектонических напряжений по крайней мере от раннего архея до современной эпохи включительно" (К.О. Кратц, 1991).

"В процессе деформирования иерархически структурированной геофизической среды происходит взаимное перераспределение энергии между ее отдельными элементами. В зависимости от условий обмена энергией (физическая природа которого пока остается неясной) может возникнуть потеря устойчивости в отдельных элементах среды (неравновесной системы) на различных иерархических уровнях" (М.А. Садовский, 1986).

"Не только расположение новейших геосинклиналей подчиняется некоторой пространственной закономерности, но вообще простирания эндогенных зон любого возраста обнаруживают упорядоченность по отношению к координатной географической сетке. Рассматривается этот вопрос не для всех эндогенных, а для зон *диастрофизма* (т.е. зон повышенной тектонической активности – геосинклиналей и складчатых зон), образующихся как следствие развития ортогеосинклинальных режимов. Обратимся сначала к фундаменту древних платформ. Даже без специальных статистических подсчетов, из простого рассмотрения рисунка видно, что в простираниях архейских и протерозойских комплексов в фундаменте платформ наблюдается преобладание правильной сетки, состоящей из "ортогональных" (север – юг и запад – восток) и диагональных (ЮЗ-СВ и ЮВ-СЗ) направлений.

Отметим, что *"сетка простираний является очень древней, существующей с начала геологической истории материков, и она правильна по отношению к современной градусной сетке, т.е. к современному положению полюсов и экватора"* В.В. Белоусов(1978).

"...Развитие экзогенных процессов зависит от множества факторов: степени трещиноватости и числа разломов, состояния поля тектонических напряжений, новейших и современных деформаций Земной поверхности. Поэтому анализ связи проявлений экзодинамики с неотектоническими движениями, активными разломами, зонами повышенного затухания сейсмических волн и другими характеристиками эндогенной динамики платформы представляется перспективным направлением дальнейших исследований." (В.В. Бронгулев-мл., 1995).

УДК 552.24

ПРОБЛЕМЫ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОБРАЗЫ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ В ЛИТОСФЕРЕ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Ю.К. Щукин

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

Тема посвящена региональным примерам использования глубинных критериев минерагенического прогноза. Были выбраны тектонотипы со специфическими особенностями геологического и глубинного строения – Балканиды и Кавказ, как примеры альпийских

складчатых структур; Тянь-Шанский и Казахстанский регионы, как примеры областей активизированных платформ и зон их геодинамического влияния; Байкальская рифтовая зона, совмещающая процессы активного новейшего орогенеза и рифтогенеза.

Следует сказать, что кроме объективных различий геологических особенностей, регионы по-разному изучены геофизическими исследованиями. Последние, как известно, в горных регионах проводятся с трудом, а сейсмические исследования часто и вовсе невозможны. Комплекс методов в ряде случаев определяется традициями, сложившимися в регионах. Этими субъективными факторами объясняются различия в наборе критериев и подходов к анализу данных о глубинном строении.

При выделении минерагенических зон по глубинным критериям, вероятно, следует иметь в виду следующие предпосылки:

- в разных геотектонических условиях только совокупность разнородных геолого-геофизических признаков может более достоверно выявить минерагенические объекты, чем любой из них, взятый в отдельности;
- для разных регионов, а в пределах региона – для разных зон, - характерен свой набор признаков;
- данная совокупность признаков информативна на минерагению только в пределах тектонически и геофизически однородной области;
- информативность каждого параметра, даже в пределах одного региона, является величиной переменной;
- критерии минерагенического прогноза не могут быть экстраполированы из региона в регион с разными эндогенными режимами.

В приведенном ниже региональном описании содержатся примеры сказанному. Региональные минерагенические исследования и оценки рудо- и нефтегазоносности требуют согласования их с данными о глубинном строении земной коры и верхней мантии.

Балканиды (*область альпийской складчатости*).

Глубинные структуры, геофизические аномалии и эндогенная минерализация.

- Глубинные разломы и ослабленные зоны северо-западного простирания являются основной рудоконтролирующей системой региона, установленной по концентрации основных рудопроявлений, совпадающих с региональными магнитными аномалиями от рудовмещающих магматических пород значительной части разреза земной коры.
- Зональность в распределении типов рудных минератипов и руд комплексного характера тесно связана с зональностью и типами глубинных структур. Участкам мощной земной коры (45-50 км) на юго-западе Болгарии отвечает основное количество полиметаллических месторождений, в то время как в восточной части региона с тонкой корой (30-35 км) в зональной последовательности проявляются месторождения медные и железорудные.
- Дифференциация в приуроченности разных типов рудных месторождений к разным типам коры по мощности и вещественному составу проявляется в следующем: Металлогенетическая Центральная-Родопская провинция характеризуется широким изменением глубины – до подошвы коры – от 37 до 50 км. Второй максимум плотности рудных месторождений отвечает узкому интервалу глубин – от 28 до 32 км.
- Определенно намечается тесная связь отдельных типов рудных месторождений с типами коры. Свинцово-цинковые месторождения тяготеют к коре кислого состава значительной мощности, а медные – к утоненной базифицированной коре. Первому типу отвечают гравитационные "депрессии", второму – резкие положительные аномалии силы тяжести и их градиенты.
- Отмечается отчетливая связь пространственного положения сейсмогенных структур (ослабленной прочности, сильной проницаемости) и главнейших рудоконтролирующих структур. (Добрев, Щукин, 1974, 1978)
- Отрицательные аномалии гравитационного поля в нижнем полупространстве связаны с зонами разуплотнения, разломами небольших размеров и амплитуд (разломы третьего

порядка). С последними связано около 80 % рудопроявлений Родопского массива. Оси отрицательных аномалий маркируют рудопроявления вольфрама, молибдена, полиметаллов и меди в Западных Родопах.

- Глубина (мощность) земной коры и интенсивность ее тектоно-магматической активизации определяют размеры, генетический тип и закономерности в расположении эндогенного оруденения в приповерхностных тектонических и структурно-металлогенических зонах. В следствие этого, границы основных рудоносных областей могут не совпадать с границами тектонических зон приповерхностных частей коры. (Димитров, 1979).

Кавказ (*альпийская складчатая область*).

Геофизические поля и металлогения.

- Редкометалльные провинции (вольфрам – молибден – оловоносные или медно – молибденовые) приурочены к региональным минимумам силы тяжести в областях прогибаний поверхности Мохоровичича.
- В локальном гравитационном поле Зангезурский рудный район медно-молибденового оруднения выражен обширной интенсивной отрицательной аномалией, резко выделяющейся на фоне положительных значений поля характерных для всей Мисхано-Зангезурской тектонической зоны, частью которой он является.
- Выделяются две конвергентных группы полиметаллических месторождений, сформировавшихся в резко различных тектонических условиях и представляющих собой, по существу, самостоятельные рудные формации. Одна из них связана с крупными гранитоидными интрузиями и образует вместе с медно-молибденовой формацией единый рудный комплекс. Эта группа месторождений тяготеет к крупным минимумам локального гравитационного поля. Другая – обязанным своим происхождением малым интрузиям преимущественно среднего состава, приурочена к локальным максимумам силы тяжести, отвечающим поднятиям древнего фундамента.
- Характерные признаки проявления продуктивных рудоносных интрузий Армении в гравитационном поле: непосредственные выходы интрузий в пределах контуров аномалий Δg ; благоприятная структурная позиция: для гранитов – антиклинальные поднятия, для основных и ультраосновных пород – крупные зоны дизъюнктивных нарушений, глубинные разломы; повышенные концентрации металлов в шлихах и литохимических пробах в пределах контуров аномалий гравитационного поля: – для гранитоидов – меди, молибдена, свинца, цинка, золота, железа; для основных и ультраосновных пород – хрома, ртути, золота, железа; эндогенные рудонакопления и месторождения и соответствующие околорудные изменения в пределах контуров аномалий.
- Для гравитационных аномалий, обусловленных структурами, дополнительным критерием является совпадение знака аномалии со знаком на поверхности структур. (Геофизические методы..., 1971).
- Титаномагнетитовая рудная формация (месторождения Камакар и Сваранц в Зангезуре) приурочена к интрузиям габбро-пироксенитовой формации. Эти интрузии пространственно совпадают с интенсивными положительными аномалиями гравитационного и магнитного полей. Известные рудопроявления расположены внутри контуров нескрытых интрузий.
- Апатит-магнетитовая формация (месторождения Капутан Абовян близ Еревана) миоплиоценового возраста залегает среди олигоценовых и неогеновых лав. Локальные положительные аномалии гравитационного и магнитного полей свидетельствуют о наличии нескрытого интрузивного тела основного состава.
- Скарновые железные руды на Малом Кавказе в разных группах проявляются по-разному в геофизических полях либо в виде локальных отрицательных аномалий силы тяжести, либо вовсе не выражена.
- Медно-молибденовое оруднение (Зангезур). Все крупные промышленные месторождения располагаются либо в зоне наиболее интенсивных отрицательных аномалий поля силы тяжести вдоль оси общего минимума (Дасткерт, Каджаран, Агарак и др.), либо в зоне

больших градиентов Δq , расположенной вдоль западного края Мегри-Ордубадского массива. В осевой части рудной зоны Занзегерского района расположены также золоторудные и вольфрамовые месторождения и рудопроявления (Никольский, Милай, Коган, 1975).

- Сквозным рудоконцентрирующим структурам Малого Кавказа характерен щелочной и субщелочной магматизм, формированием вторичных магматических очагов, узловая концентрация рудной минерализации, концентрическая зональность в размещении эндогенного оруднения и металлогеническая специализация на медь в ассоциации с редкими, благородными и другими цветными металлами. Сквозные субширотные структуры областей тектоно-магматической активизации накладываются на общекавказского простирающегося пояса и осложняют металлогеническую специализацию юга Малого Кавказа (Мамедов, 1986).
- Крупная по площади Гутонская (Закатальской) аэромагнитная аномалия небольшой интенсивности (до +0,4 мЭ) на фоне отрицательных значений ΔT_a , западная периферия которой пространственно совпала с Белоканским колчедано-полиметаллическим рудным районом, позволила обнаружить гранитный плутон с минерализацией свинца, меди (Хесин, 1962; Алексеев, 1971). Источник оруднения расположен на глубине около 15-20 км.
- Медно-полиметаллическое оруднение северной зоны южного склона Большого Кавказа тяготеет к терригенным флишевым образованиям и соответствует северной зоне положительных гравитационных аномалий и к промежуточной зоне относительного минимума силы тяжести. Характерна ассоциация аномальных концентраций металлов в геохимических ореолах – Cu, Pb, Zn, Co, реже – Sn, Sb, Ag, типичная колчеданно-полиметаллическому типу оруднения.
- В пределах южной зоны положительных гравитационных аномалий, связанных с приподнятыми блоками фундамента (структурно-тектонический контроль), в геохимических ореолах преобладают Mo, Ni, Ti и редко Cu и Pb. Рудных скоплений меди и полиметаллов не отмечается (Кочан, Заболотнов, Рожкова, 1971).
- Эволюция рудогенеза четко подчиняется тектонической эволюции Кавказского региона. Сравнения этих процессов дает ключ к лучшему пониманию закономерностей формирования и локализации полезных ископаемых (Адамия и др., 1979).
- Практически все месторождения, включая Чиатурское марганцевое осадочного происхождения, располагаются в пределах на границах морфоструктурных узлов, являющихся (9 из 11) также и высоко сейсмичными (Гравишиани и др., 1988).

Средняя Азия, Казахстан (области тектонически активизированных платформ).

Связь оруднения с морфологией глубинных границ и геофизическими полями центральной части Средней Азии.

- Поверхность Мохоровичича. Все металлы (Pb, Zn, Mo, W, Sn, Hg) дают максимум концентрации в интервале глубин ее 40-45 км.
- Поверхность Конрада. Для нее характерна относительно небольшая глубина максимальных концентраций значимых месторождений Mo, W. Для Sb, Hg глубины эти больше.
- Глубина залегания "гранитного слоя". Пик значимых месторождений золота при глубине его 8 ÷ 10 км, а менее значимых – 4 ÷ 6 км. Для Mo, W, Sn пик значимых концентраций приходится на уровень глубин 8 ÷ 10 км. Sb и Hg концентрируются в прогибах "гранитного" слоя.
- Мощность земной коры. Большинство месторождений приурочено к областям средних значений мощности коры, а не к максимумам и минимумам.
- Средние значения интенсивности гравитационного и магнитного полей характеризуют районы концентрации месторождений.
- Отрицательные аномалии магнитного поля характерны для 57 % месторождений (Хамрабаев, Воронич, Горьковой, 1987).

Глубинное строение и минерагения центрального и восточного Казахстана.

- Глубины залегания поверхности основных границ раздела земной коры и относительной мощности "диоритового" и "базальтового" слоев земной коры определяют положение рудных узлов промышленных эндогенных месторождений.
- Промышленные узлы месторождений золота соответствуют глубинам залегания поверхности Мохоровичича 49-53 км и поверхности Конрада 14-18 км при малой мощности (4-8 км) "диоритового" слоя. Промышленные полиметаллические узлы приурочены к площадям с глубиной поверхности Мохоровичича 40-50 км, "диоритового" слоя – 10 км при мощности 12 км.
- Два уровня размещения месторождений характеризуют глубины – 45 и 48-52 км. Известные полиметаллические месторождения характерны для площадей с глубинами до поверхности Мохоровичича 45 и 50-51 км, медные 45 и 48-50 км, редкометалльные 45, 48 и 50-52 км, молибденовые 45 и 48 км, вольфрамовые 50-52 км, золоторудные 49-51 и 53 км. (Бекжанов, Колмогоров, Цареградский, 1965).
- Прямая связь между масштабом оруденения и интенсивностью гравитационных аномалий. Представляющее большинство месторождений расположено по периферии крупных региональных структур глубинного заложения. Области лейкократового оруденения характеризуются отрицательным гравитационным полем, мезократового – слабо дифференцированным положительным (Андреев, 1958; Казанли, 1958, 1959; Щерба, 1959).
- Рудопроявления и ореолы рассеяния меди, полиметаллов и золота расположены на площади с сокращенной мощностью земной коры и общим повышением уровня гравитационного поля. Увеличение мощности земной коры, особенно в районах опускания кровли базальтового слоя сопровождается концентрацией рудопоявлений и ореолов рассеяния редких металлов. Районы региональных максимумов гравитационного поля и блокового поднятия кровли базальтового слоя бедны оруденением.
- Внутренние края флексур гравитационного поля на периферии областей внутренних региональных аномалий сопровождаются месторождениями редких металлов. Последние, характерны перегибам глубинных структур, выраженных в гравитационном поле (Гольдшмидт, Колмогоров, 1970, Гольдшмидт, 1971).
- Важнейшим структурным фактором концентрации оруденения является приуроченность всех значительных рудных объектов к сквозным глубинным системам нарушений и к узлам их пересечения с зонами глубинных дислокаций иного типа.
- Глубинные сквозные рудоконцентрирующие структуры Средней Азии формируют каркас современного структурного плана и прослеживаются до подошвы земной коры. Со структурами мантийного уровня генерация магмы связаны комплексные руды более сложного состава, чем в фоновых проявлениях тех металлогенических зон, которые пересекают рудоконцентрирующие структуры. В таких рудных объектах появляются элементы предположительно мантийного ряда (U, F, В,Т, R, Hg, Sb, An и др.).
- Редкометалльные, меднопорфировые и гидротермальные полиметаллические месторождения Центрального Казахстана тяготеют к бортовым частям данных структур. Стратиформные барит-полиметаллические месторождения обнаруживают тенденцию к формированию в осевых частях рудоконцентрирующих структур, развивающихся по типу океанических рифтов. Продуктивные колчедано-полиметаллические узлы юго-западного Гиссара (южный Тянь-Шань) приурочены к флангам упомянутых структур, определяющих заложение поперечных прогибов на континентально окраине.
- Рудные поля представляют собой узлы пересечения глубинных разломов нескольких направлений и являются узлами повышенной раздробленности земной коры и повышенной проницаемости.
- Линейные зоны глубокого заложения являются составной частью транскоровых структур сквозного типа, среди которых выделяются структуры меридионального, широтного и диагонального к ним направлений. Каждое из таких направлений несет следы минерагенической специализации своего глубинного уровня (Фаворская и др., 1983; Баскина и др.,

1988).

- Отрицательная (!) связь между расположением эндогенных рудных месторождений эпицентральных зон сильных землетрясений. Некоторые рудоносные зоны отличаются от сейсмогенных толщиной земной коры наличием в приповерхностной части высокоскоростных включений, аномально высокой электропроводностью и повышенными тепловыми потоками.

В пределах известных крупных эндогенных рудных месторождений за историческое время не наблюдались сильные или разрушительные землетрясения тектонического происхождения и, наоборот, в эпицентральных зонах не обнаружено ни одного рудного месторождения (Хамрабаев и др., 1987, 1988).

На основании результатов сейсмотомографических исследований земной коры Тянь-Шаня (Рёкер и др., 1991; Сабитова, Лесик, 1992; Rocker et al., Сабитова и др., 1993; Sabitova et al., 1995) можно полагать, что очаговые зоны землетрясений ($M \geq 6$) могут быть выделены и оценены по следующим признакам (критериям сейсмогенности):

- они обычно приурочены к участкам земной коры, характеризующимся наличием волноводов в нижней ее части, высокоскоростных тел в вышележащей толще и низкоскоростной зоны в верхней части коры;
- высокоскоростные тела разделены ослабленными "каналами" соединяющими нижнекоровой волновод с низкоскоростной зоной верхней части земной коры;
- разрядка напряжений происходит в градиентных зонах, расположенных в краевых частях высокоскоростных тел, являющихся накопителями энергии;
- возможная максимальная интенсивность землетрясений (M_{\max}) связана с размерами высокоскоростных тел, их положением и упругими параметрами (Т.М. Сабитова, 1996).

Байкальский регион (*область тектонической активизации*).

- Высокий минерагенический потенциал региона БАМ объясняется тем, что геоблоки образуют геополь с характерными петрогенетическими (повышенная калиево-натриевая насыщенность магматических образований Байкальского геоблока, натриево-калийная в докембрии и мезозое Станового мегаблока), седиментогенными (весьма значительные объемы кембрийских натриевых и калийных солей в юго-восточной части Ангарского геоблока), минерагеническими (докембрийские метаморфогенные железорудные месторождения Алданского щита и Становой области; мезозойские оловорудные, вольфрамовые и другие месторождения Приамурья) и геохимическими (Байкальская халько-литофильная, Алдано-Становая литофильно-сидерофильная, Амуро-Охотская литофильно-халькофильная провинция) особенностями.
- Важная особенность глубинного строения при объяснении уникальной минерагении региона – это его приуроченность к стыку двух сверхглубинных (400-800 км) плотностных неоднородностей первого порядка, проявляющихся в поле аномалий геопотенциала Земли. Зона градиента геопотенциала пересекает регион БАМ в субмеридиональном направлении у озера Хубугул на западе Нижнего Приамурья на востоке и обуславливает аномальные геотектонические, геодинамические (сейсмичность) и минерагенические проявления. Последние объясняются аномалиями силы тяжести высоких порядков – тремя областями, разграниченными зонами гравитационных ступеней, из которых южная характеризуется максимумами Δq , центральная – минимумами Δq . Поле локальных аномалий силы тяжести, отвечающее неоднородностям верхних 10-15 км коры, характеризует локальную (месторождения) минерагеническую обстановку.
- Аномалии магнитного поля в общих чертах совпадают с аномалиями силы тяжести и несут ту же смысловую (геологическую, минерагеническую) нагрузку.
- Открытие в верхней части земной коры Байкальской зоны и Забайкалья электропроводящих слоев (первый на глубине 9-13 км, вдоль северо-восточного БРЗ, наиболее высокое его положение около 5 км, в восточной части Верхнеангарской впадины и т.д.; второй – на глубине 80-120 км под корой) позволил объяснить положения в контурах верхнего проводящего слоя золотоносных комплексов Бодайбанского рудного поля и др.

- Положения на этих глубинах сейсмического волновода утвердило представление о сильной раздробленности среды на глубинах до 10 км и ее проницаемости гидротермальными растворами.
- К новым глубинным критериям следует отнести приуроченность месторождений к зонам аномального затухания интенсивности землетрясений, которые также подчеркивают сильную подвижность и проницаемость верхов коры.
- Крупные нуклеарные структуры центрального типа овально-концентрической формы и ансамбли разного размера купольных структур (4-го порядка, по А.С.Барышеву, Закузенному, 1982) должны объяснить золотые "оторочки" периферийных контуров этих структур.
- Продуктивность (минерагеническая) этих структур возрастает, если происходит совмещение их контуров с проекцией на дневную поверхность аномалий электропроводности или первого волновода в верхах коры.

УДК 552.24

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ. УСЛОВИЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ВЗРЫВОВ

Ю.К. Щукин

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

Использование типичных форм записи сейсмических событий на конкретной станции широко используется в мировой практике для повышения точности определения места события (Richards, 2003). На Генеральной Ассамблее IASPEI, проходившей в Чили в 2005 году, на заседании комиссии по сейсмологическому мониторингу, П.Ричардс предложил создать банк данных "эталонных" событий для каждого сейсмоактивного региона. Под "эталонным" в данном случае понимается событие, координаты которого определены с максимально возможной точностью, а волновая форма типична для данного региона.

Предлагается, используя эту идею, создать монографическое описание типичных сейсмических событий, "окунув" их волновые формы в конкретную геолого-геофизическую среду с конкретными ее физико-механическими свойствами.

Идея использования сейсмического просвечивания среды с помощью взрывов, предложенная М.А.Садовским в 80-е годы, была массово и безрезультатно реализована в пределах сейсмоактивных регионов, однако результаты самих сейсмических просвечиваний геологической среды оказались превосходными (на Памире – работы А.Г.Гамбурцева, в Копет-Даге – работы В.И.Мячкина, В.А.Безгодкова, на Северном Тянь-Шане – сотрудниками ИФЗ, А.А.Антоненко и др.

Естественно, на Русской платформе таким работам придавался иной смысл, преобладающе – при разработке месторождений твердых и жидких полезных ископаемых – в Карелии и на Кольском п-ве, в северных и южных (ВКМ) регионах, в меньшей степени – в Центре Европейской России. Великолепным опытом интерпретации и типизации записей волновых форм взрывов обладают уральские исследователи.

В достаточной мере удачная монография "Землетрясения и микосейсмичность Восточно-Европейской платформы в задачах современной геодинамики" (2007) "требует" своего логического продолжения, основанного на концепции типизации взрывов, их геологического и геофизического распознавания и классификации.

Мне думается, что наша работа – это первый опыт совмещения сведений о промышленных взрывах, их спектральных характеристиках, волновых формах, обусловленных (в том