

Земная кора крупных месторождений цветных металлов Болгарии

© Димчо Йосифов¹, Ради Радичев², 2018

¹ Научно-технический союз по горному делу, геологии
и металлургии, София, Болгария

² Горно-геологический университет "Св. Иван Рильский",
кафедра "Прикладная геофизика", София, Болгария

Поступила 27 ноября 2017 г.

Розглянуто основні результати досліджень будови земної кори у найбільших рудних районах Болгарії — Панагюрському і Центральньо-Родопському. Підтверджено уявлення про її континентальний тип. Доведено наявність розривів поділу Мохо, що різняться значною вертикальною амплітудою (від 7—8 до 13—14 км), які підсилюють і каталізують ендегенні процеси, зокрема рудоутворювальні. Встановлено велику щільність глибинних розривів кори, причому крім відомих мантієвих розломів, що обмежують основні поздовжні тектонічні одиниці (Маришський тектонічний шов і Забалканська розломна зона), намічено ще два — Південносередньогірський і Південнородопський. У місцях їх перетину із субмеридіональними рудоконцентрувальними структурами (Панагюрською і Центральньо-Родопською) утворилися коромантієві тектонічні вузли, в ареалах яких розміщуються основні рудні поля. Земна кора у досліджуваних рудних районах характеризується градієнтними змінами її глибинної структури — суттєвою тектонічною роздробленістю, високою ендегенною проникністю, інтенсивною магмонасиченістю і значним за масштабами рудоносним потенціалом.

Ключові слова: глибинна будова, межа Мохо, глибинні розломи, тектонічні вузли, металогеія.

Введение. Проблемы строения земной коры территории Болгарии на основании данных геофизической разведки были объектом исследования ряда геофизиков (Ив. Петков, Хр. Дачев, Т. Добрев, Д. Йосифов, Р. Радичев и др.). В это направление и, прежде всего, в интерпретацию геофизических данных свой вклад внесли и геологи (Р. Димитров, Д. Димитров, Ив. Монахов, Б. Маврудчиев, Ив. Загорчев и др.). Во второй половине XX века были осуществлены масштабные для страны региональные геофизические работы, включающие гравиметрические и магнитометрические съемки, термометрические и сейсмометрические измерения. Целенаправленно осуществлялись и наблю-

дения по нескольким профилям методами глубинной геофизики — глубинно-сейсмическим (ГСЗ) и электромагнитным зондированием (ГЭМЗ). Изготовлены различные по масштабу карты и составлены схемы районирования гравитационного и магнитного полей, скоростных, плотностных, магнитных и тепловых моделей земной коры, а также множества глубинных геофизических и геолого-геофизических разрезов. На основании комплексной интерпретации накопленного фактического материала и, прежде всего, результатов глубинных геофизических методов уже установлены важные закономерности в строении коры.

В последние годы в результате пло-

творного сотрудничества между болгарскими и греческими геофизиками были получены новые данные о глубинном строении земной коры Центральных Родоп [Йосифов и др., 2016]. Кроме того, после реинтерпретации геофизической информации о Центральном Средногории существенно расширились представления о глубинной тектонике данного региона [Йосифов, Радичев, 2016]. Известно, что в этих двух районах обнаружены и разведаны самые крупные мантийного типа месторождения цветных металлов в Болгарии, а также проведены в их пределах профили ГСЗ и ГЭМЗ. Таким образом, созданы относительно благоприятные условия для осуществления конкретных исследований строения земной коры и на отдельных частях территории нашей страны, а также пространств, занятых крупными месторождениями цветных металлов. Нет сомнения, что результаты таких исследований представляют интерес не только для геофизиков, но и для специалистов аналогичных направлений наук о Земле. С этих позиций обуславливается актуальность и целесообразность предлагаемой обобщающей публикации, в которой рассматриваются и оригинальные авторские достижения.

Краткая характеристика крупных месторождений цветных металлов в Болгарии

На основании значительных по объему геологоразведочных работ за период 1949—1980 г. в Болгарии был обнаружен и разведан ряд месторождений энергетических, металлических и нерудных полезных ископаемых, а также создана минерально-сырьевая база. Наряду с этим были установлены месторождения со значительными запасами медных и золото-содержащих руд в Панагюрском рудном районе и свинцово-цинковых, серебро-содержащих оруденений в Центральных Родопах. В соответствии с общепринятым металлогеническим районировани-

ем страны первый район располагается в Средногорской структурно-металлогенической зоне, а второй — в Родопской металлогенической области (провинция) (рис. 1).

Наиболее высокой металлогенической продуктивностью отличается Центральное Средногорие, где установлены крупнейшие медно-колчеданные и медновкрапленные месторождения. В Панагюрском рудном районе разведано четыре крупных медно-колчеданных золотосодержащих месторождений (Челопеч, Красен, Радка и Елшица) и пять крупных медно-колчеданных, золотосодержащих месторождений (Медет, Асарел, Елаците, Цар Асен и Влайков врых), а также ряд рудопроявлений. Почти 90 % запасов медных руд в Болгарии сосредоточено в этом же рудном районе. Месторождения связаны с вулcano-плутоническими центрами, являющимися продуктами субдукционного магматизма верхнего мела (турон—сенон) [Богданов, 1987], и располагаются в Панагюрской субмеридиональной глубоко проникающей рудоконцентрирующей структуре [Йосифов, 2007]. Термин "рудоконцентрирующая структура" позаимствован из работ известных русских металлогенистов И. Н. Томсона и М. А. Фаворской.

В Центрально-Родопском рудном районе обнаружены и изучены самые крупные свинцово-цинковые, серебро-содержащие месторождения в стране, среди которых по своему экономическому значению отличаются два рудных поля — Маданское и Лыкинское. В этом районе установлено около 70 % запасов свинца и цинка, большая часть которых уже добыта [Димитров и др., 1988]. Месторождения пространственно размещаются в известной Центрально-Родопской рудоконцентрирующей структуре, намеченной геофизическими данными [Йосифов, 2007]. Свинцово-цинковые оруденения связываются с проявлениями палеогенового (эоцен-олигоцен) коллизионного магматизма. В этот период магматично-флюидная рудоносная система в металлоген-

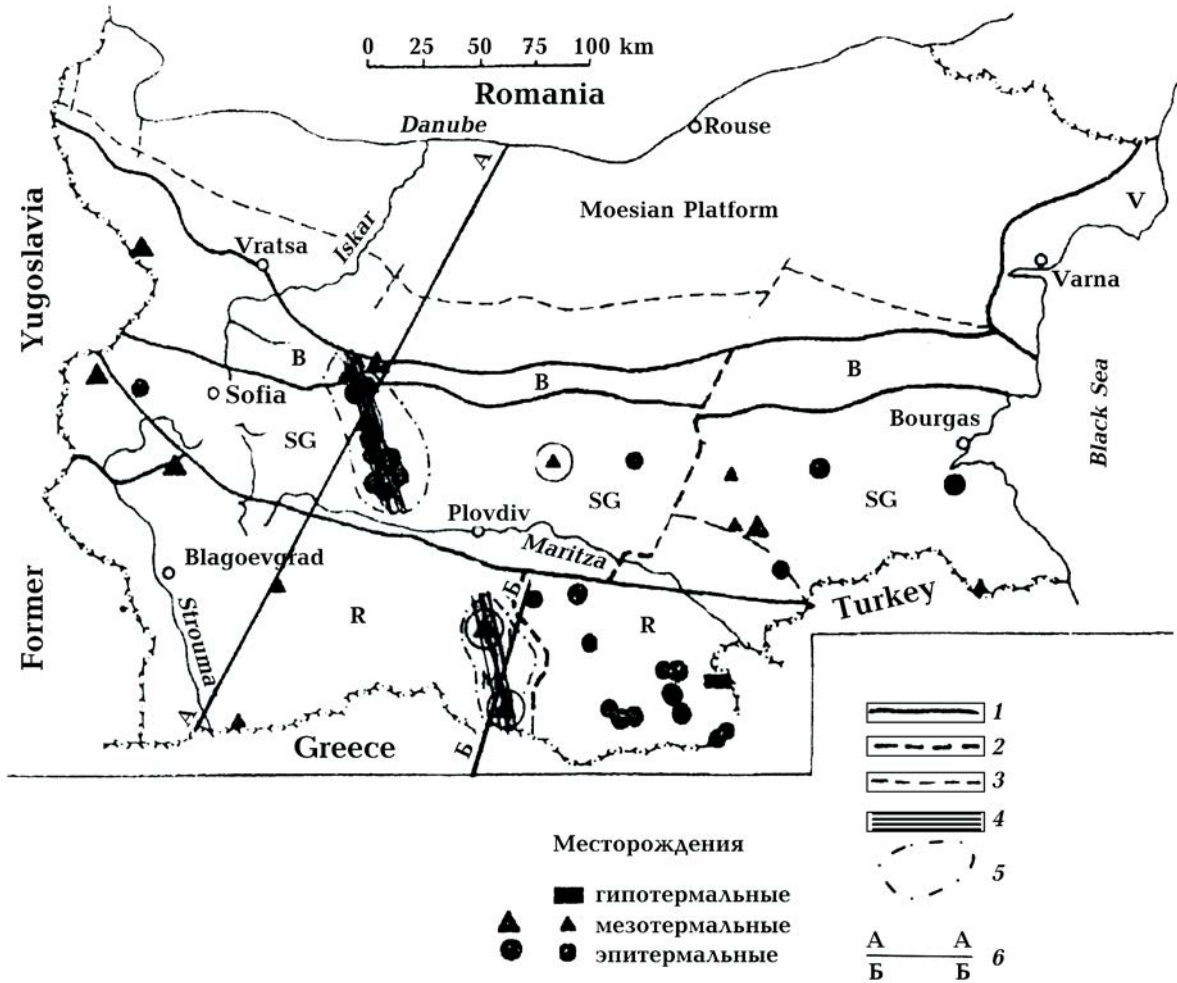


Рис. 1. Металлогеническая карта Болгарии, по [Dokov et al., 1989] с дополнениями и изменениями: 1 — границы металлогенических единиц; 2 — граница между Восточной и Западной частями металлогенических единиц; 3 — южная граница Мизийской платформы; 4 — рудоконцентрирующие структуры (Панагорская в Средногории и Центрально-Родопская в Родопах); 5 — область динамических воздействий рудоконцентрирующих структур; 6 — АА — геофизический профиль Петрич—Никополь, ББ — геофизический профиль Паничково—о. Тасос. Металлогенические единицы: В — Балканская зона; SG — Средногорская зона; R — Родопская провинция; V — Варненский регион.

ном отношении достигла наибольшей продуктивности.

И в этих двух рудных районах проведены сотни тысяч линейных метров (л.м) скважин и десятки тысяч л.м горных выработок, на основании которых осуществлены значительные по объему и широкие по охвату научные исследования. В деталях изучены: геологический состав (стратиграфия, палеонтология, минералогия) отдельных месторождений, их структура, минеральный и формационный состав руд. В высокой степени выяснены

условия отложения оруденения и их концентрации в виде рудных тел и месторождений. Наряду со специфическими чертами в геологическом строении рассматриваемых двух рудных районов выделяются и некоторые важные общие особенности. Прежде всего, следует отметить благоприятное сочетание структурных, магматических и термодинамических условий формирования крупных месторождений, среди которых выделяются два важных фактора: масштабность, с одной стороны, и продолжительность

соответствующих магменных проявлений, с которыми связываются оруденения, — с другой. В соответствии с накопленной геолого-геофизической информацией и ее научным анализом было доказано, что формирование рассматриваемых крупных эндогенных месторождений цветных металлов происходит за счет процессов, которые протекают в мантийных частях литосферы [Богданов, 1987; Димитров и др., 1986]. Комплексный анализ геолого-геофизических данных свидетельствующий о существенной роли в размещении и локализации мантийных месторождений в рассматриваемых рудных районах, играют магматические и структурные факторы. При этом магматические факторы имеют подчеркнутое значение при образовании медно-колчеданных и медно-вкрапленных золотоносных месторождений Центрального Средногория, а структурный фактор ярче выражен для свинцово-цинковых сереброносных месторождений Родопского массива. Важно также отметить, что рудные поля локализуются на участках, отличающихся специфическими геохимическими аномалиями. По всей длине обеих рудоконцентрирующих структур установлены региональные линейные и контрастные аномалии, а рудные поля располагаются в ареале интенсивных геохимических узлов. В Центральном Средногории аномалии представлены Cu, Au, Mo, Co, Ni, а в Центральных Родопах — Pb, Zn, Se, Mo, Ba.

Структура земной коры рудных районов

Для выяснения строения земной коры решающее значение принадлежит данным, полученным в результате проведенных профильных измерений по методам глубинного сейсмического зондирования и, в частности, по методу магнитно-теллурического и магнитно-вариационного зондирования [Вольвовский и др., 1985; Дачев, 1988; Йосифов и др., 2016]. При

этом глубинное сейсмическое зондирование включает и изучение отраженных волн землетрясений. Весьма благоприятным для предлагаемой разработки оказывается то обстоятельство, что сейсмические профили по глубинному зондированию целенаправленно запланированы и реализованы и в самые продуктивные рудоносные части территории страны — Центральное Средногорие и Центральные Родопы. Это исключает необходимость в интерполировании данных дискретных измерений, что характерно для мировой практики. В данном случае проанализирована и интерпретирована информация о других геофизических методах — гравиметрии, магнитометрии, термометрии, чем созданы условия для дополнения знаний о строении и составе земной коры и процессах, протекающих в ее глубинных частях.

Принадлежность рассматриваемых рудных районов к различным тектоническим и металлогеническим единицам, как и различное качество и содержание применяемых первичных геофизических материалов, являются причиной осуществить самостоятельно рассмотрение основных элементов строения земной коры.

А. Панагюрский рудный район. Самая представительная и относительно точная информация о строении земной коры получена по VII международному профилю, который отработан посредством регистрации сейсмических волн, являющихся результатом промышленных взрывов и обменных волн землетрясений [Вольвовский и др., 1985; Дачев, 1988]. Этот профиль располагается поперек основных тектонических единиц Альпийского орогена и пересекает под очень острым углом Панагюрскую рудоконцентрирующую структуру. Анализ и интерпретация данных профильного глубинного зондирования показывают, что земная кора в регионе отличается гетерогенной слоистой блоковой структурой. Намечено несколько глубоко проникающих разрывов, в том числе и до верхней мантии, как и серия квазигоризонтальных сейсмических внут-

риковских границ, расположенных на различной глубине, большая часть которых по простиранию прерваны (рис. 2).

К установленным мантийным разломам относится Маришский тектонический шов, ограничивающийся с юга Средногорской структурно-металлогенической зоной и Забалканским глубинным разломом в качестве границы зоны с севера. А недавно трассированный по сейсмическим и гравиметрическим данным Южно-Средногорский мантийный разлом разделяет Центральное Средногорье на две части — северную и южную [Йосифов, Радичев, 2016]. Эти три разлома имеют субширотную ориентацию и определяют продольную тектоническую зональность региона. Как разрывающая кору и входящая в верхнюю мантию проявляется

также и Панагюрская рудоконцентрирующая структура, которая, как было уже отмечено, пересекает поперек основные тектонические единицы Альпийского орогена. Следует добавить, что по длине сейсмического профиля установлено и несколько тектонических разрывов, затихающих в земной коре на глубине не более 25—30 км.

По длине VII международного профиля прослежена серия сейсмических границ, включая и поверхность раздела Мохо. Севернее Южно-Средногорского мантийного разлома четыре, а южнее — три. Самая верхняя граница, установленная только в депрессиях, связывается с фундаментом и представленными, главным образом, докембрийскими метаморфитами и герцинскими гранитоидами. Она отлича-



Рис. 2. Фрагмент сейсмического разреза по профилю Петрич—Никополь в участке Средногорского гравитационного минимума (по [Вольвовский и др., 1985]): 1 — сейсмические границы (а), поверхность Мохо (б); 2 — разломы; 3 — мантийные разломы (Маришский тектонический шов (М), Забалканский (З), Южно-Средногорский (Ю)); 4 — значение на профиле взрывного пункта и номер точек регистрации.

ется скоростью сейсмических волн от 4,0 до 4,8 км/с. Кристаллическая часть земной коры в зависимости от скорости распространения сейсмических волн делится на два слоя: гранитно-метаморфический со средней скоростью 5,9—6,1 км/с и базальтовый со средней скоростью 6,6 км/с. Разделяющая их граница прослеживается сравнительно уверенно и располагается на глубине 15—18 км. Остальные внутрикоровые границы ограничены по своему площадному развитию в различной степени для каждой из них. При реинтерпретации первичного сейсмического материала оказалось, что в северной части профиля можно отделить "волновод" мощностью порядка 6—8 км.

Планетарная граница — раздел Мохо прослеживается по всему профилю непрерывно с характерной для нее скоростью упругих волн от 7,8 до 8,1 км/с. Наблюдается слабовыраженная тенденция поднятия этой границы с юга на север и незначительное понижение в центральной части профиля, что отмечает западная периферия известной Центрально-Средногорской депрессии на подошве земной коры. Эта депрессия находит отражение и в гравитационном поле в виде интенсивного регионального минимума, который является основанием ограничения ее площадного развития. Но самым существенным элементом в строении поверхности Мохо являются значительные вертикальные амплитуды ее разрыва в ареале мантийных разломов. Таким образом, значение амплитуды Маришского тектонического шва составляет 5—6 км, Южно-Средногорского — 10, а Западно-Балканского — 8. Налицо все основания допустить аналогичный разрыв Мохо в ареале Панагорской рудоконцентрирующей структуры — утверждение, в котором существуют геофизические, металлогенные и геологические данные. Наличие таких разрывов со значительной вертикальной амплитудой имеет важное металлогеническое значение, так как интенсифицирует и катализирует протекание рудообразовательного процесса.

Рассматривая пространственное расположение упомянутых различно ориентированных мантийных разломов, следует отметить, что, взаимодействуя друг с другом, они пересекаются. При этом особенно важным является пересечение Панагорской рудоконцентрирующей структуры с Южно-Средногорским, Медетским и Забалканским глубинными разломами. В местах пересечения формировалось несколько глубинных тектонических узлов, главная характеристика которых заключается в значительной разрывности и эндогенной проницаемости их пространств. Именно в них созданы благоприятные условия для непосредственного проявления интенсивных тектономагматических процессов в верхнем меле, с которыми ассоциируют крупные медно-пиритные и медно-колчеданные рудные поля в Центральном Средногории (Елшицско-Радкинском, Асарел-Медетском и Елацско-Челопечском).

Б. Центрально-Родопский рудный район. Современное представление и знания о глубинном строении земной коры Родопского массива построены на основании результатов комплексной интерпретации двух профилей ДСС и региональных аномалий потенциальных полей, естественного теплового поля и сейсмичности. При этом один из сейсмических профилей непосредственно проходит через Центрально-Родопский рудный район [Йосифов и др., 2016], а второй (VII международный) — через западную часть Родопского массива [Вольвовский и др., 1985; Дачев, 1988]. Именно по этим двум профилям получены важные количественные данные о положении внутрикоровых границ, разломных нарушений и глубине, на которую они проникают (рис. 3). Для трассирования некоторых глубинных разломов использована информация о потенциальных методах и сейсмологии.

Анализ геофизического разреза (см. рис. 3) от Паничково до греческого о-ва Таос, представляющего фрагмент регионального профиля, интерпретация которого не завершена из-за отсутствия первичных материалов, свидетельствует о слож-

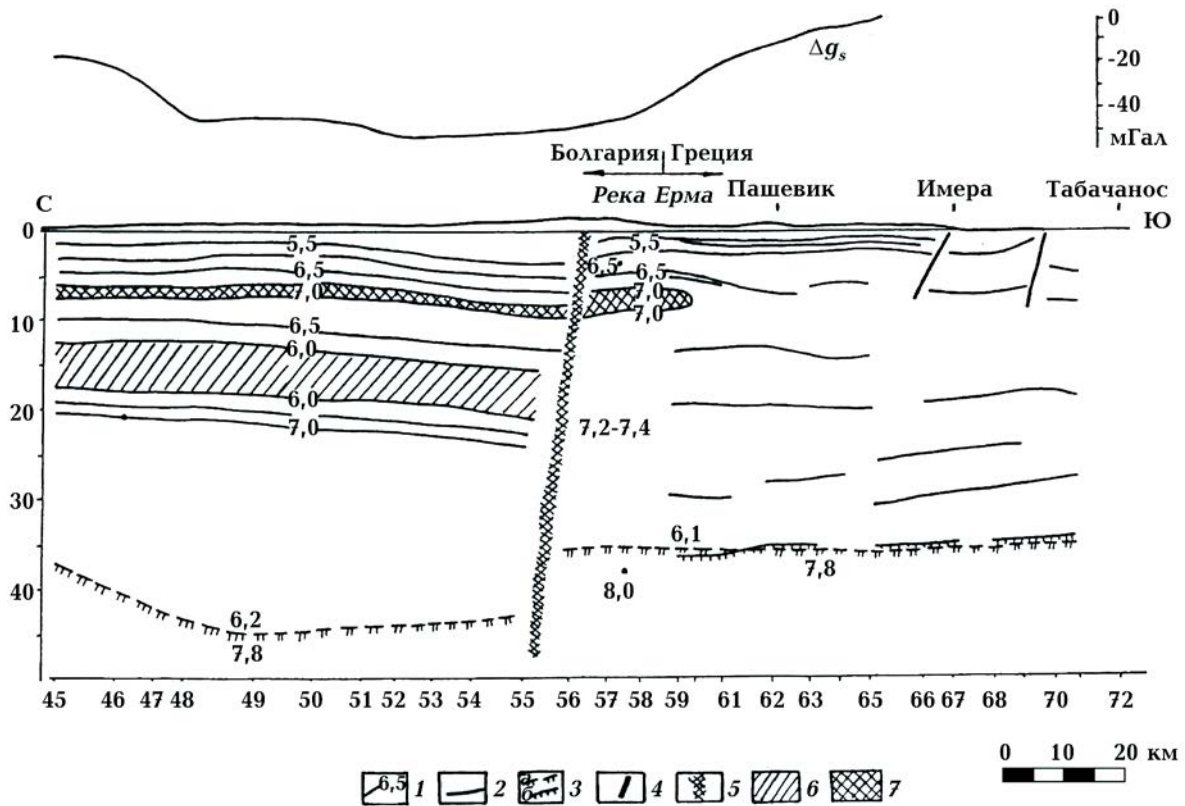


Рис. 3. Сейсмический разрез Паничково—о-в Тасос: 1 — скорость сейсмических волн; 2 — сейсмические границы; 3 — поверхность Мохо; 4 — коровые разломы; 5 — Южно-Родопский литосферный разлом; 6 — низкоскоростной слой (волновод); 7 — высокоскоростной слой.

ном глубинном строении Центрально-Родопского рудного района. В южной части профиля прослежено три глубоко проникающих разлома, один из которых мантийного типа и назван Южно-Родопский [Йосифов и др., 2016]. Этот разлом проявляется как сложнопостроенная гравитационная ступень, имеющая субширотную ориентацию. К тектоническим нарушениям с вероятной глубиной проникновения в верхнюю мантию относится Центрально-Родопская разломная зона, имеющая субмеридиональное направление. Самым характерным является то, что в ее пространственном ареале вмещаются основные свинцово-цинковые рудные поля Родопского массива и поэтому она определена как рудоконцентрирующая [Йосифов, 2007]. Наличие глубинных разломов разного направления обусловило формирование серии тектонических узлов,

среди которых выделяется Маданский, относящийся к коромантийному типу. В строении этого участвуют и коровые разрывы, а его пространство отличается высокой проницаемостью и интенсивной эндогенной активностью, в которых эоцен-олигоценый рудогенез достиг своего апогея.

Впечатляет относительно низкая скорость сейсмических волн 7,8 км/с раздела Мохо и 6,2 — нижней части земной коры Центрально-Родопского рудного района. Этот факт следует связать с термическим воздействием и "потеплением" региона, вызванным его тектономагматической активизацией в палеогене, тепловой потенциал которого все еще остается значительным. В пределах Маданского рудного поля установлены самые высокие современные значения теплового потока в стране [Бояджиев, Гашаров, 2001]. Кроме того, аномально высокие значения тем-

пературы вычислены и для глубинных границ земной коры Конрада и Мохо [Добрев и др., 2005].

Земная кора Центрально-Родопского рудного района, как уже было показано на рис. 3, имеет сложное слоисто-блоковое строение. В южной части сейсмического профиля прослежено несколько геофизических границ, расположенных на различных глубинах. Одна часть прервана, а на глубине 6 км установлен клиновидный участок с повышенной скоростью сейсмических волн 7 км/с. В северной части профиля на этой же глубине располагается такой же слой с повышенной скоростью, который является продолжением клиновидного участка. На глубине 12 км прослеживается сейсмический волновод мощностью более 5 км. Четко и категорически по длине всего профиля зафиксирована планетарная граница Мохо со стандартной скоростью сейсмических волн от 7,8 до 8,0 км/с. Глубина, на которой располагается эта граница, изменяется от 45 севернее Южно-Родопского мантийного разлома до 35—32 км южнее него. В действительности понижение рассматриваемой границы отмечает восточную периферию известной Родопской депрессии по Мохо. Но самым важным в ее поведении является установленная значительная вертикальная амплитуда разрыва в ареале мантийного разлома, которая достигает 13—14 км и совпадает с южной частью Маданского рудного поля. В результате этого разрыва создается пространство градиентных изменений температуры и давления, вследствие которых появляются конвективные движения и активизируются эндогенные процессы, включительно и рудообразующие.

Анализ приведенной характеристики строения земной коры в указанных двух больших рудных районах определенно свидетельствует о том, что она относится к классическому континентальному типу. В этих двух районах прослежена серия субгоризонтальных границ (хотя и разного рода и с различной обоснованностью), как и множество крутых и разно-

направленных разломных нарушений, некоторые из которых проникают и в верхнюю мантию. Самым убедительным способом трассирована планетарная граница Мохо. Причем в пространстве рудных полей она интенсивно прервана и раздроблена, и в этом состоит самая важная ее характеристика. Особенно следует отметить, что вертикальная амплитуда этих разрывов очень большая (около 14 км в Маданском рудном поле, 10 — в Елшицко-Радкинском и 8 — в Елацско-Челопечском). Это и представляет оригинальный результат, полученный на основе непосредственных измерений, а не посредством интерполяции дискретных данных. Взаимодействием разнонаправленных глубокопроникающих разломов установлены тектонические узлы, которые являются существенным элементом строения земной коры, а некоторые из них — и верхней мантии.

Приведенные данные о глубинных структурных элементах земной коры в рассматриваемых рудных районах являются доказательством ее гетерогенного и слоисто-блокового строения. Она определенно имеет трехслойное строение, но с осадочным слоем, отличающимся слишком малой мощностью, максимум до 1,5—3 км, с ограниченным развитием только в депрессионных участках. Остальные два слоя — гранитно-метаморфический или низкоскоростной сейсмический — имеют мощность, как в Центральном Средногории (около 20 км) и в Центральных Родопах (свыше 23 км). Аналогично базальтовый или высокоскоростной слой отличается следующей мощностью: 18—19 км в Средногории и около 30 км в Центральных Родопах. Круто расположенные глубинные разломы дефинируют сегментированное строение коры, разделяя ее на различные ранги блоковых структур. Большая часть этих структур характеризуется специфическим распределением потенциальных аномалий геофизических полей. Для более полной характеристики земной коры следует добавить, что в указанных двух рудных районах она сильно насыщена магматическими образова-

ниями. В Центральном Средногории они представлены, прежде всего, верхнемеловым субдукционным островодужным кальциево-щелочным магматизмом, а в Центральных Родопах — палеогеновым коллизионным, преимущественно кислым магматизмом. Магматические тела верхней части разреза в зависимости от вещественного и фациального состава выявляются в характерных локальных гравитационных и магнитных аномалиях.

Вероятно, в строении земной коры территории рудных районов установлены сейсмические слои с низкими скоростями волн (волноводов), как и такие с повышенной скоростью, которые располагаются на различных глубинных уровнях, но не более 20 км. Их наличие уже не представляет редко встречающийся феномен, так как они являются присущим элементом строения литосферы, о геологической природе которых высказаны различные мнения. Из конкретных данных можно заключить, что эти слои характеризуются сравнительно небольшой мощностью, а некоторые из них становятся клиновидными. Это доказывает, что они имеют ограниченное пространственное развитие. Но существуют и тектонические структуры, в которых они отсутствуют.

Следует отметить, что на указанных графиках рассматриваемых двух геофизических профилей (см. рис. 2 и 3) не отмечены глубинные наклонные границы, но это не означает, что они реально не существуют. Границы такого типа также являются элементами строения земной коры, которые обуславливают формирование в ней клиновидных структур. Возможность их изучения, однако, методами глубинной геофизики все еще ограничена. В результате применения усложненной методики, в некоторых странах (США, Россия и др.) получены положительные результаты в этом направлении. У нас успешный случай достигнут с проведением сейсмического профиля Ардино—Ивайловград, в результате которого намечен Восточно-Родопский глубинный надвиг [Велев и др., 1996].

Заключение. Полученные данные о строении земной коры в рассматриваемых крупных рудных районах и, в частности, об элементах, из которых она состоит, отражают, прежде всего, ее современное состояние. Последнее является результатом прошедших в геологической эволюции планеты грандиозных динамических, корообразующих, коропреобразующих и короразрушающих процессов. Среди них по своему значению выделяются тектонический, метаморфический и магматический, а также плотностная дифференциация и теплообразование. В результате проведенных геофизических работ было доказано, что земная кора типично континентальна, с хорошо развитыми гранитно-метаморфическим и базальтовым слоями, а также ограниченным и относительно тонким седиментным слоем. Было установлено наличие низкоскоростных и высокоскоростных сейсмических слоев, которые в отдельных случаях имеют клинообразный характер. Прослежена серия субгоризонтальных границ. Однако за исключением планетарного раздела Мохо почти все они прерваны и очень трудно могут быть обвязаны.

Первый, очень важный оригинальный результат, — это конкретные цифровые данные о большой вертикальной амплитуде разрывов раздела Мохо (от 7—8 до 14—15 км) в исследованных рудных районах. Такая структурная картина строения пространственного ареала раздела земной коры — верхней мантии свидетельствует о градиентных термобарических изменениях и благоприятных физических условиях возникновения конвективных движений. Последние увеличивают интенсивность тепломассопереноса, катализируют эндогенные процессы, включая и рудообразование, что имеет большое металлогеническое значение.

Другим основным элементом строения земной коры являются различно ориентированные глубинные разломы, включительно и такие, которые проникают в верхнюю мантию. Три из них относятся к продольным субширотным и ограничиваю-

щим первостепенным тектоническим структурам — Маришский шов, Забалканский и Южно-Родопский мантийные разломные зоны. Кроме того, в Центральном Средногории прослежено два мантийных разлома — Южно-Средногорский и Асарел-Медетский. Глубоким проникновением в мантию отличаются две известные субмеридиальные рудоконцентрирующие структуры — Панагюрская и Центрально-Родопская, пересекающие поперечно Альпийский орогенный пояс. Так, в исследованных рудных районах намечается большая густота мантийных разломов в земной коре, особенно в Центральном Средногории, что, по всей вероятности, представляет уникальное явление. Без сомнения, с ними наиболее тесно связаны тектономагматические активации и рудообразующие процессы, достигшие свой апогей в верхнем меле в Центральном Средногории, а в палеогене — в Центральных Родопах. И в этих двух районах существовали необходимые условия для образования крупных мантийных месторождений — большая проницаемость литосферы и значительная продолжительность эндогенных процессов и, прежде всего, магматизации (свыше 20 млн лет).

Третий важный результат проведенных исследований — это следствие выяснения пространственных взаимодействий и взаимоотношений между разнонаправленными мантийными и коровыми разломами, обусловившими формирование ко-

романтийных тектонических узлов. Они обладают специфическими геолого-геофизическими характеристиками, но самая существенная из них — это их высокая эндогенная проницаемость. С ними пространственно ассоциируются самые крупные рудные месторождения цветных металлов в Болгарии. При этом на пересечении Панагюрской рудоконцентрирующей структуры с субширотными Южно-Среднегорским, Медетским и Забалканским мантийными разломами располагаются соответственно Елшицско-Радинское, Асарел-Медетское и Елацско-Челопечское рудные поля. Аналогично в Центральных Родопах в месте пересечения одноименной рудоконцентрирующей структуры с субширотным Южно-Родопским мантийным расколом находится крупнейшее Маданское свинцовоцинковое месторождение. Таким образом, вероятно намечается важнейшая закономерность в размещении крупных мантийных месторождений цветных металлов.

Окончательный и обобщающий вывод на основе упомянутых данных очевидно заключается в следующем: земная кора в границах рассматриваемых крупных эндогенных рудных районов градиентно изменяется, сильно тектонически переработана, глубоко проницаема, интенсивно магмонасыщена и рудоносна. Все это определяет ее самую важную интегральную характеристику.

Список литературы

- Богданов Б. Медните находища в България. София: Техника, 1987. 387 с.
- Бояджиева К., Гашаров С. Геотермичен каталог на България. Изд. къща "Горекс прес", 2001. 163 с.
- Велев А., Янев И., Боянов И. Строеж на кората на Източните Родопи по данни на сеизмичния профил Ардино—Ивайловград. *Новости в геологията на България, БГД, VI конгрес.* 1996. С. 109—110.
- Вольвовский И., Дачев Хр., Попова О. и др. Строение земной коры территории Болгарии по профилю ГСЗ—МОВЗ Петрич—Никополь. *Бюл. Московского общества любителей природы.* 1985. Т. 60. № 4. С. 38—45.
- Дачев Хр. Строеж на земната кора в България. София: Техника, 1988. 234 с.

- Димитров Р. (ред.). Оловно-цинковите находища в България. София: Техника, 1988. 258 с.
- Димитров Р., Богданов К., Бресковска В. и др. Изотопен състав на сярата в оловно-цинковите и меднорудните находища в България. *Рудообраз. процеси и минерални находища*. 1986. Т. 26. С. 3—21.
- Добрев Т., Йосифов Д., Димовски С. О распределении температур на границе "М" и "К" на территории Болгарии. *Геофиз. журн*. 2005. Т.27. № 5. С. 730—737.
- Йосифов Д. Рудоконцентриращи структури в България. Геология и минерални ресурси. 2007. Т. 6. № 12. С. 12—15.
- Йосифов Д., Радичев Р. Дълбочинен строеж на Панагюрския руден район. *Геология и минерални ресурси*. 2016. № 9-10. С. 29—39.
- Йосифов Д., Радичев Р., Цанков Хр. Дълбочинни структури в Маданското рудно поле и тяхното металогенно значение. *Минно дело и геология*. 2016. № 3-4. С. 32—38.
- Dokov R., Vassileff L., Stajkov M. et al., 1989. Metallogenic map of Bulgaria. 1 : 1 000 000. CIPP in map making. Sofia.

Earth's crust of large deposits of non-ferrous metals in Bulgaria

© *Dimcho Yosifov, Radi Radichev, 2018*

The proposed publication explores the main results of the study of the Earth's crust in the largest ore regions in Bulgaria — Panagyurishte and Central Rhodopes. The concept of its continental type has been confirmed, and the more significant accomplishments can be summarized as follows. A number of ruptures of the Moho boundary, characterized by considerable vertical amplitude (from 7—8 to 13—14 km) have been proven, which facilitate and catalyze the endogenous processes, including ore formation one. A large (unique) density of the Earth's crust layering in depth has been established. Besides the known mantle faults, limiting the main longitudinal tectonic units (the Maritsa fault zone and the Sub-Balkan fault), two more are identified — the South Sredna Gora and the South-Rhodopes ones. From their intersection with the submeridional ore concentrating structures (the Panagyurishte and the Central-Rhodopes ones) core-mantle nodes are formed and the main ore fields are located in their ranges. As a whole, the Earth's crust in the studied ore regions is characterized by gradient changes in its depth structure, represented by large fragmentation, high endogenous permeability, intensive magma saturation and significant ore-bearing potential.

Key words: deep structure, Moho boundary, deep faults, tectonic nodes, metallogeny.

References

- Bogdanov B., 1987. Copper deposits in Bulgaria. Sofia: Technika, 387 p. (in Bulgarian).
- Boyadzhieva K., Gasharov S., 2001. Geothermal catalog of Bulgaria. Ed. house "Gorex press", 163 p. (in Bulgarian).
- Velev A., Yanev I., Boyanov I., 1996. Structure of the East Rhodopes cortex according to the seismic profile of Ardino—Ivailovgrad. *Novelties in geology of Bulgaria, BG, VI congress*. P. 109—110 (in Bulgarian).

- Volvovskiy I., Dachev Hr., Popova O. et al.*, 1985. The structure of the Earth's crust of the territory of Bulgaria along the profile of the DSS—MRWE Petrich—Nikopol. *Byulleten Moskovskogo obshchestva pol'zovateley prirody* 60 (4), 38—45 (in Russian).
- Dachev Hr.*, 1988. Construction of the Earth's crust in Bulgaria. Sofia: Technika, 234 p. (in Bulgarian).
- Dimitrov R.* (ed.), 1988. Lead-zinc deposits in Bulgaria. Sofia: Technika, 258 pp. (in Bulgarian).
- Dimitrov R., Bogdanov K., Breskovska V. et al.*, 1986. Isotope composition of sulfur in lead-zinc and copper-ore deposits in Bulgaria. *Ore formation processes and mineral deposits* 26, 3—21 (in Bulgarian).
- Dobrev T., Yosifov D., Dimovski S.*, 2005. On the temperature distribution on the border of the "M" and "K" in the territory of Bulgaria. *Geofizicheskiy zhurnal* 27(5), 730—737 (in Russian).
- Yosifov D.*, 2007. Rudoconcentrating structures in Bulgaria. *Geology and mineral resources* 6 (12), 12—15 (in Bulgarian).
- Yosifov D., Radichev R.*, 2016. Depth structure of the Panagyurishte ore region. *Geology and mineral resources* (9-10), 29—39 (in Bulgarian).
- Yosifov D., Radichev R., Tsankov Hr.*, 2016. The Dlbhochinni structure in Madanscoto ore field and is also a meta-not important meaning. *Mining and geology* (3-4), 32—38 (in Bulgarian).
- Dokov R., Vassileff L., Stajkov M. et al.*, 1989. Metallogenic map of Bulgaria. 1 : 1 000 000. CIPP in map making. Sofia.