

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕТУЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБОЛОЧКЕ ЗЕМЛИ:
ВЕРОЯТНАЯ ИСТОРИКО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ.****Статья 2. СУРЬМА*****Л. Т. Шевырёв***Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 1 февраля 2014 г.

Аннотация: повышенные концентрации летучих элементов (Hg, Sb, As, Tl, Bi) приурочены к структурным формам, определившим делимость земной коры. Распределение соответствующих рудных объектов разных масштабов и возраста позволяет подтвердить (в иных случаях определить) положение крупнейших рудоконтролирующих структур, расшифровать хронологическую последовательность их становления, оценить глубинность. Настоящая статья продолжает изложение результатов историко-минерагенического анализа применительно к Sb-носным объектам. В отличие от аккумуляций Hg, которым автор, указав соответствующую аргументацию, приписывал мезо-кайнозойский возраст, месторождения Sb более гетерохронны.

Ключевые слова: историко-минерагенический анализ, стибнит, кайнозой, плюмы, делимость земной коры, месторождения сурьмы.

Abstract: elevated concentrations of the volatile Hg, Sb, As, Tl, Bi tend to be located within the structural forms have been determined the tectonic blocking of the Earth crust. Areal distribution of the ore occurrences of the discrepant scales and ages let corroborate (sometimes disclose) position of the planetary rank ore-controlling structures as well as decipher their forming chronological successiveness, and estimate deepness. This description of the historical-mineragenical analysis results for the antimony-ferrous objects proceeds the series of papers being undertaken. In contrast to Hg accumulations all probable to be Meso(?)–Cenozoic, antimony ones are heterochronous much more.

Key words: historical-mineragenical analyses, stibnite, Cenozoic, plumes, tectonic blocking of the Earth's crust, antimony deposits.

Летучие компоненты сложным образом сочетаются во флюидных эксгаляциях, тяготея к разным эпохам флюидогенеза. На Воронежской антеклизе ультратонкое золото в осадочном чехле обогащено сурьмой (помимо Hg, Tl, As, Bi) – в 23 из 60 изученных золотин ее содержалось 0,013–1,335 % [1–5]. В нашем регионе стибнит обнаружен В. В. Ильшом в нерастворимом остатке писчего мела гранитного карьера ОАО Павловскгранит. В Европейской части СНГ минералы сурьмы открыты на Кольском полуострове [6; 7]. После распада СССР только якутские месторождения **Сентачан** и **Сарылах** позволили сохранить производство сурьмяных продуктов в России, и сделано это было при прямом участии выпускника геологического факультета ВГУ (1966 г.) П. М. Поляна-

ского, ставшего лауреатом Государственной премии СССР (рис. 1).

О возрасте аккумуляций сурьмы

Если наблюдаемые ныне аккумуляции ртути скорее всего мезо(?)–кайнозойские, то в случае менее подвижной сурьмы дело обстоит иначе (рис. 2). Приведенная ниже аргументация положена в основу отнесения конкретных площадей к разновозрастным историко-минерагеническим провинциям (ИМП) (рис. 3).

1. Поздний архей – ранний протерозой. В бассейне **Витватерсранд** кварцевые галечники A-PR₁, не сохранив минералов ртути, обнаруживают многие соединения сурьмы: стибнит, дискразит Ag₃Sb, геверсит PtSb₂, стибнопалладинит (Pd₅Sb₂), судберит (Pd,Ni)Sb, тетраэдрит Cu₁₂Sb₄S₁₃. То же характерно и для **Альфа-Гравелоте** (Alpha-Gravelotte), пров. Лимпопо (Limpopo), ЮАР, одного из мировых производителей Sb. В здешней минеральной ассоциации, выделенной из пород нижнего докембрия, – стибнит, стибиконит Sb³⁺Sb⁵⁺O₆(OH), сенармонтит

* Продолжение. Статья 1. «Ртуть» была опубликована в Вестнике Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2013. № 2. С. 118–128.

Автор благодарит В. Я. Евзерова за материалы по сурьмонности Кольского полуострова и Д. Давыдова за подготовку иллюстраций.

© Шевырёв Л. Т., 2014

Sb_2O_3 , гудмундит $FeSbS$, бертьерит $FeSb_2S_4$, ульманнит $NiSbS$, аурустибит $AuSb_2$, самородная Sb . **Минералов Hg нет. Месторождения приурочены к протяженной (50 км) узкой (50–100 м) Сурьмяной линии (Antimony Line), идущей по центру хребта Мурчисон и одноименного пояса на северо-востоке Трансвааля.** Они локализованы в толще карбонатных и тальковых кристаллосланцев, кремнистых карбонатов, железистых кварцитов с линзами кварцитов безрудных. Руды северных объектов Линии – бертьеритовые ($FeSb_2S_4$) в джеспилитах, южных – стибнитовые. Промышленная минерализация – в линзах с кварцем. Динамические процессы способствовали перераспределению Sb , ее накоплению по структурным плоскостям и в жилах. Ресурсы составляют 9,5 млн т

руды, с 2,16 % Sb и 2,44 г/т Au . Рудники **Альфа (Alpha)** и **Гравелотте (Gravelotte)** действуют с 1934 г. Возраст коматиитов хребта Барбертон на границе ЮАР и Свазиленда – 3,4 млрд лет. В зернах тяжелых минералов и оливина здесь обнаружены включения Au . В гидротермально измененных коматиитах локализовано месторождение **Ау Глоб–Феникс (Globe Phenix)**, район Квекве, Зимбабве. Помимо видимого Au (15–30 г/т, до 90 г/т) здесь особенно много стибнита. Наблюдения С. Д. Шера аргументировали принципиальные отличия золоторудных залежей Южной Африки и Австралии: в первых практически нет теллуридов, во вторых – Sb . **На Ау–Sb месторождении Готик** в зеленокаменном поясе Гвело, Зимбабве добыты одна тонна Au и 377 т Sb [8].



Рис. 1. Первооткрыватели месторождения Сарылах в Оймяконском районе Якутии лауреаты Государственной премии СССР выпускник геолфака ВГУ П. М. Полянский (в центре), К. В. Дельяниди (справа) и И. М. Кошик (слева). Якутия, Усть-Нера (Снимок Г. Н. Шарова)

2. Протерозой. В Ау–Sb зоне **Сейняйоки (Seinäjoki)**, Западный-Внутренний регион Финляндии, самое крупное пегматитовое месторождение Sb – **Каллиосало (Kalliosalo)**. В зоне имеются две интрузии и многие дайки пегматитов (1,8 Ga) среди свекофенских кристаллосланцев. Пегматиты появились после регионального метаморфизма (1,89–1,88 млрд лет) [9]. Выявлены самородная Sb , **буланжерит, стибнит, тетраэдрит, брейтгауптит $NiSb$, сейняйокит $(Fe,Ni)(Sb,As)_2$, валентинит Sb_2O_3 , ульманнит $NiSbS$, сенармонтит Sb_2O_3 , бертьерит $FeSb_2S_4$, ауру.** Открыт пяконнит Sb_2AsS_2 [10].

В шведской рудной провинции **Бергслэген (Bergslagen)** находится **Лонгбан (Longban)** – месторождение метаморфизованных Fe–Mn руд (PR₁). Особый интерес представляет поздняя Pb–Mn–As–Sb-минерализация, развитая по трещинам, связанная со свекокарельской активизацией (1 млрд лет назад) или же гранитоидами (< 1,8 млрд лет) [11].

На севере Норвегии горы Внутреннего Тромса (inner Troms) с 2008 г. исследуют на Au вулканиты зеленокаменного пояса Маукен (Mauken, PR₁) в тектоническом окне каледонского покрова. Минерализация с Sb приурочена к субвертикальному телу фельзических вулканитов мощностью 1,0–6,0 м (1–4 г/т, иногда до 6 г/т Au , в кварцевых жилах – до 12 г/т Au [12]. Судя по залеганию под каледонским покровом, предположим протерозойский возраст повышенных концентраций Sb и Au .

Минералы Sb в проявлениях **Ау Кольского полуострова** [7; 8] локализованы среди вулканогенных комплексов PR. В Южно-Печенгской зоне пояса Печенга–Имандра–Варзуга известны 9 проявлений Au плюс рудоносная **Панареченская** вулканотектоническая структура. В Пана-Куолярвинской структуре открыто месторождение **Майское** и проявление **Кайралы**. Среди рудных минералов **Панареченского** объекта определены: фаматинит Cu_3SbS_4 (26,2 %

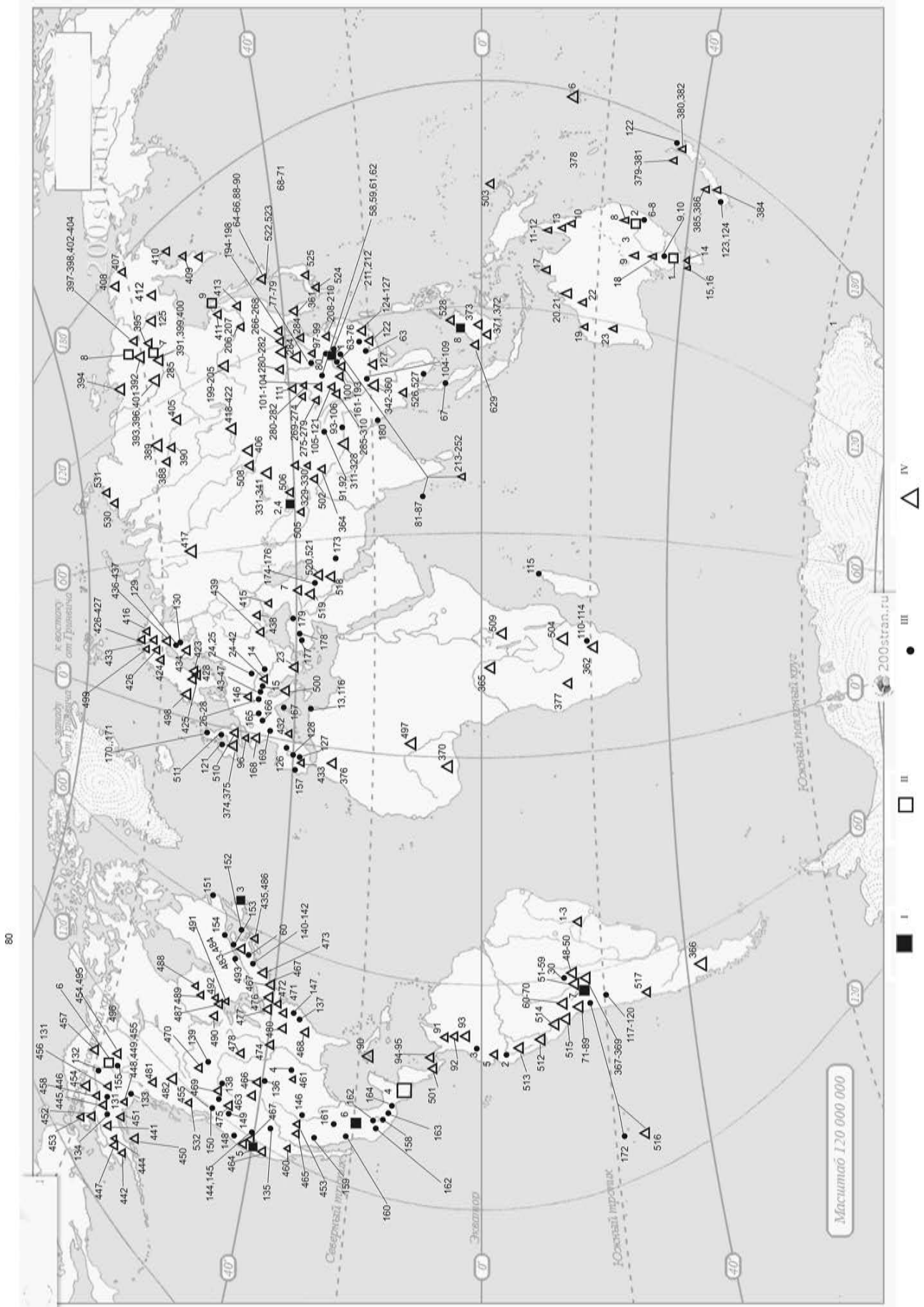


Рис. 2. Сурьмоносные рудные объекты Земли. I – гигантские месторождения: 1 – **Сигуаньшань** (Xikuangshan), пров. Хунань, КНР; 2 – **Кадамджай** (Kadamdzhay), Киргизия; 3 – **Бивер Брук** (Beaver Brook), Канада; 4 – **Джижикрут** (Dzhizhikrut), Таджикистан; 5 – **МакЛафлин** (McLaughlin), Калифорния, США; 6 – **Сьерра де Каторсе** (Sierra de Catorce), Мексика; 7 – **Чилкобиха** (Chilcobija), Боливия; 8 – **Бау** (Bau), СЗ Борнео, Малайзия; II – месторождения крупные и средние, разведанные, с промышленными запасами: 1–3 – Австралия, 1 – **Костерфилд** (Costerfield); 2 – **Уайлд Кэтл Крик** (Wild Cattle Creek); 3 – **Хиллгров** (Hillgrove), 4 – **Сан Илделфонсо Ихтауакан** (San Ildelfonso Ixtahuacan), Гватемала; 5 – **Санса** (Sanza), Алжир; 6 – **Стибнит** (Stibnite Mine), Аляска; 7 – **Сарылах**, Якутия; 8 – **Сентачан** (Sentachan), Якутия; 9 – **Палевское**, Сахалин; III – мелкие или не вполне изученные месторождения и проявления (все безртутные); IV – **комплексные рудные объекты с Sb**. Нумерация всюду по Каталогу кафедры исторической геологии ВГУ

Sb), буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$, тетраэдрит $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ (24,49 % Sb), **коститит** $CoSbS$, **стибнит**, фаза $Pb-CuFeSbS$. Отмечены бенлеонардит $Ag_8SbTe_2S_3$ и нагиагит $Pb_5Au(Te, Sb)_4S_{5-8}$ [8]. Возраст монцитонитов и гранитов Панареченской структуры – 1765 млн лет. Это самые молодые ее магматиты [13, с. 236–238].

3. Палеозой. Цумеб (Tsumeb) в области *Отджикото* (Otjikoto), северная Намибия – гидротермальное $Cu-Pb-Zn$ с Ge и Ga месторождение в палеокарстовых полостях. Возраст руд 541–519 млн лет [14]. В минеральной ассоциации 305 разновидностей, 279 минералов, из которых 70 открыты здесь же. Выявлены самородные Hg, Sb, Au, Ag, Cu, S. Присутствует стибнит.

Бивер Брук (Beaver Brook), Ньюфаундленд, Канада, – раннедевонское месторождение с ресурсами 2,1 млн т при 4,3 % Sb, одно из крупнейших. Для гранитов имеются интерпретации возрастов: 1 – $419 \pm \pm 2$ – 2680 млн лет; 2 – на пересечении линий дискордии и конкордии: 38 ± 85 млн лет и $439,5 +9/-6$ млн лет; последний возраст считают предпочтительным [15].

$Au \pm Sb$ пояс **Восточной Кордильеры** в Боливии насчитывает более 500 объектов с запасами Sb 350 тыс. т, ресурсами 380 тыс. т, при среднем содержании 3,5 % Sb. Даты противоречивы. Для месторождения **Сан Бернардино** (San Bernardino) – это около 314 млн лет (K-Ar), середина карбона; и поздний палеоцен – 59 млн лет (Ar-Ar) [16].

В Чешском массиве кварцевые жилы с антимонитом, бертьеритом $FeSb_2S_4$, самородной Sb **Богутина** (Bohutín) и **Пшибрама** (*Příbram*) «юные варисские», 270–250 млн лет [17]. На Центральном Французском массиве, район **Массиак-Уш** (Massiac-Houches), жильные стибнит-бертьеритовые тела тоже встречены на удаленных экзоконтактах варисских гранитоидов.

4. Мезозой. Сигуаньшань (Xikuangshan), Центральная Хунань – почти треть мировых запасов Sb (изначальные 3–5 млн т Sb, извлекаемые – 2,11 млн т) – тяготеет к рудному поясу Куэйчжоу (700 км) на границе палеозойского прогиба и массива Цзяннань. **Sm-Nd изохронные даты для гидротермальных кальцитов** указали на формирование в две стадии: $155,5 \pm 1,1$ млн лет и $124,1 \pm 3,7$ млн

лет, разделенные длительным (30 млн лет) безрудным интервалом [18].

Ag-Sb-руды монгольского **Асгат** (Asgat), зона **Асгат-Озёрное**, датированы $240 \pm 3,5$ млн лет ($^{39}Ar/^{40}Ar$), т.е. рубежом T_1 и T_2 [19].

Ag-Sb-месторождения Верхоянья – **Мангазейское**, **Прогноз**, **Менкеченское** – хронологически близки оловянным [19]. Для **Депутатского** оловянного кластера имеются данные А. И. Холмогорова и В. А. Трунилиной [20, с. 525]: 122 млн лет (начало кристаллизации гранитов, Rb-Sr), 117 млн лет (биотит, Rb-Sr), 100 млн лет (время нарушения изотопных систем минералов по комплексу K-Ar и Rb-Sr дат).

На Аляске известны 407 объектов с Sb. Один из них – рудник **Сискович** (Sliscovich), район г. Ном (Nome). Вмещают жилы с Sb метаморфиты группы Ном (Nome), которые претерпели метаморфизм «голубосланцевой» фации в J_3-K_1 , затем – зеленосланцевой середины мела. С последним и связывают $Au-Sb$ -оруденение [10].

5. Кайнозой. На юго-востоке Памира Ag-Sb объекты рудного кластера **Базардара** среднеэоценовые ($44 \pm 1,5$). Основываясь на систематике изотопов $^3He/^4He$ Памирского Ag-Sb месторождения **Акжилга** (Akjilga), подчеркивают роль мантийного вещества в становлении руд [19].

На западе США **Sb-минерализация** иногда оказывается в породах KZ. Так, на руднике **Лавина** (Lavina), округ Кларк (Clark), Невада, $Au-Ag-Cu-Pb$ кварц-сульфидные руды со стибнитом, стибиконитом $Sb^{3+}Sb^{5+}O_6(OH)$ локализованы в дайке палеоэоценовых гранитов. Рудный район и палеоэоценовое Su -порфировое месторождение **Моренси** (Mogencí), Аризона, известно неогеновой зоной гипергенеза со стибнитом. В **Сальфур Бэнк**, округ Лэйк (Lake), Калифорния, накопления Sb-содержащих осадков горячих источников происходит на поверхности андезитов квартера [10].

В Юго-Восточной Азии многие объекты с Sb – кайнозойские. В районе **Бау** (Bau), СЗ Калимантана (с ресурсами 91 тыс. т Sb, 1110 т Hg, 93 т Au) **минерализованы** кварц-кальцитовые жилы (N_1). **Метасоматиты** по известнякам тоже с микроскопическим стибнитом. Прочие минералы Sb – **стибнит**, **сараба-**

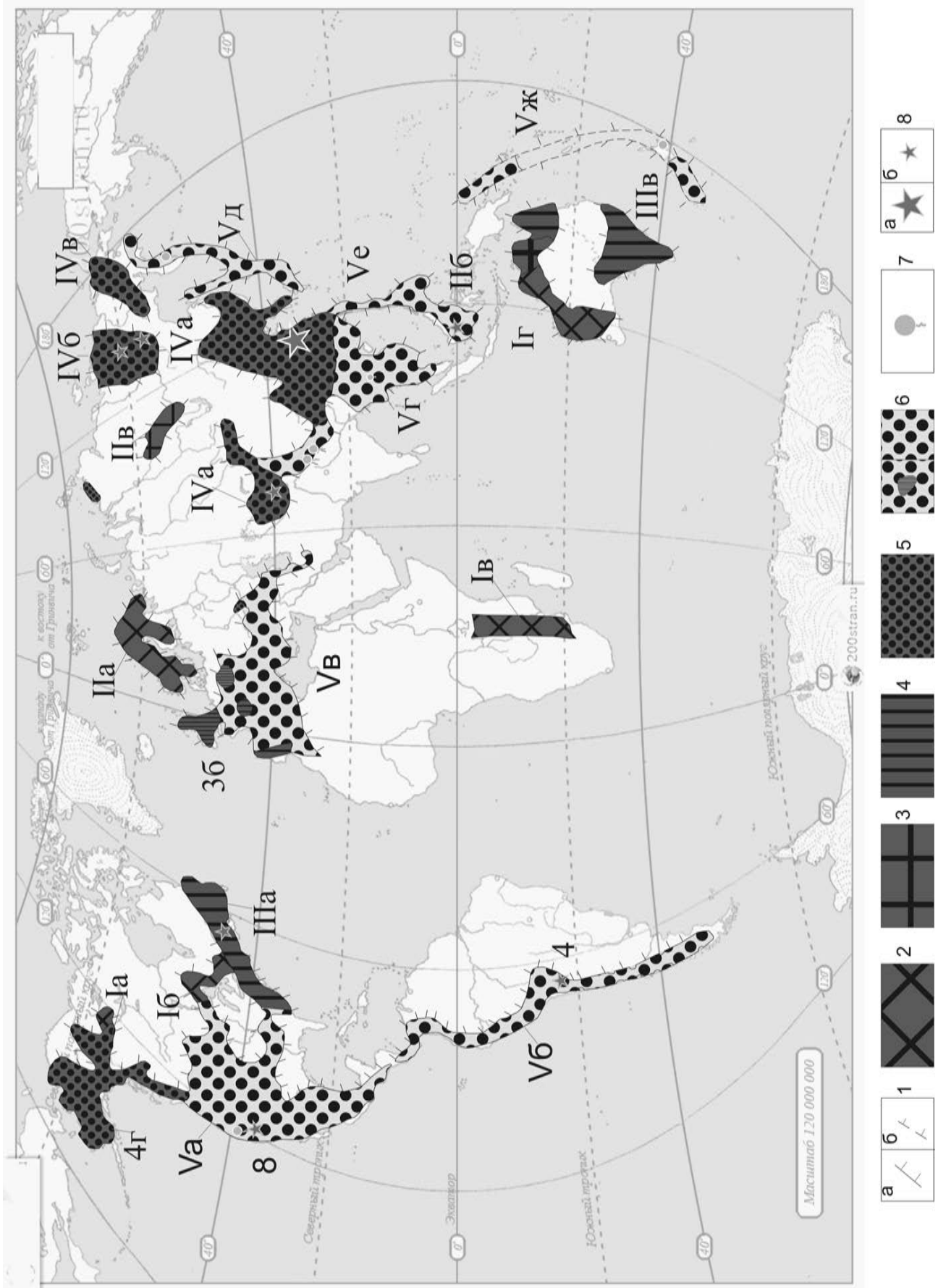


Рис. 3. Сурьмоносные ареалы Земли в рамках разновозрастных историко-минерагенических провинций (ИМП): 1 – внешний контур распространения Sb-носных объектов (берг-штрихи обращены к «пустым» площадям); 2–5 – площади с преобладающими возрастными проявлениями Sb: 2 – ранний докембрий, 3 – протерозой; 4 – палеозой; 5 – мезозой; 6 – кайнозой; 6 – выходы современных гидротерм, отлагающих минералы Sb; 7 – крупнейшие рудные аккумуляции сурьмы: а – «сурьмяная столица» Сигуаньшань, б – прочие важные: 1 – Бивер Брук, Ц. Ньюфаундленд; 2 – Хайдаркан, Киргизия и Джижикрут, Таджикистан; 3 – Сьерра де Каторсе (Sierra de Catorce), Центральная Мексика; 4 – Чилкобиха (Chilcobija) и прочие объекты Боливийского Sb-пояса; 5 – Бау (Bau), Борнео, Малайзия; 6 – Сарылах, Якутия; 7 – Сентачан, Якутия; 8 – МакЛафлин (McLaughlin), Калифорния, Историко-минерагенические провинции (ИМП, сурьма, эндогенный рудогеenez): I – раннедокембрийские, в том числе: Ia – Йеллоунайф, Ib – Онтарио, Iv – Гравелоте–Мидлендс–Табора (ЮАР–Зимбабве–Танзания), Iг – Западной Австралии; II – протерозойские ИМП: IIa – Балтийского щита, IIб – Северной Австралии, IIв – Енисейского кряжа; III – палеозойские ИМП: IIIa – Востока Северной Америки, IIIб – Британских островов, III – Южной Австралии – Тасмании; IV – мезозойские ИМП: IVa – Центральной Азии, IVб – Восточной и Северо-Восточной Якутии, IVв – Западной Чукотки – северо-востока Магаданской области, IVг – Западной Аляски, IVд – Северо-восточного Китая и Кореи, IVе – Северного Таймыра; V – площади варисских срединных массивов с остаточной Sb-минерализацией (а), то же, отложенной или реювенированной в кайнозойе (б) кайнозойских ИМП, в том числе: Va – Кордильер Британской Колумбии и США (до Передовых хребтов и восточней Южной Дакоты), Vб – Андийская, Vв – Средиземноморская, Vг – Юго-восточной Азии (континентальной), Vд – Камчатско-Сахалинско-Японской, Ve – Филиппины–Калимантан, Vж – Новая Зеландия – Фиджи – о. Лихир

уит $\text{CaSb}_{10}\text{O}_{10}\text{S}_6$, кермезит $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$ и т.д. [21, с. 141]. В Японии промышленные родохрозитовые жилы рудника Ягумо (Yagumo) на Хоккайдо – со стибнитом, тетраэдритом $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$, стибарсеном SbAs . Этого же типа крупнейший Mn объект Японии – Инакурайши (Inakuraishi), Хоккайдо. Основная миоценовая родохрозитовая жила со стибнитом, учукчакуаитом $\text{AgPb}_3\text{MnSb}_5\text{S}_{12}$, тетраэдритом имела протяженность 0,9 км при мощности 5 м. На о. Кюсю рудник Кушикино (Kushikino) обрабатывал кварц-кальцитовые залежи со стибнитом, тетраэдритом, стефанитом Ag_3SbS_4 в андезитах (N_1). На Камчатке в кальдере Узон (13×9 км) в осадках горячих вод выявлены As, Sb, Cu, Hg, стибнит, пираргирит Ag_3SbS_3 , полибазит $(\text{Ag,Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$, стефанит Ag_3SbS_4 – всего 55 минеральных видов и разновидностей [10].

Месторождения Sb западной Турции – постмиоценовые. В районе Муратдаги (Muratdagi) их не менее десяти. Обработка идет на рудниках Чебраил (Cebrail) и Суртмече (Sutmtct). Sb-минерализация в опущенных блоках среди кремнисто-карбонатных отложений горячих ключей. Карманы, слои и прожилки с рудными минералами оказываются на контактах известняков и галечников с блоками мраморов – месторождения Чебраил (Cebrail), Сакарчибурну (Sakarciburnu), Карчиолукпинари (Karciolukpinari). На объекте Аланылиар (Alanyaliar) металлоносный пласт сложен силикатно-карбонатной породой [22].

Sb–Au-жилы рудные системы на юге Тибета появились позднее, 25 млн лет назад (N_1-Q) в Тибетской системе раздела (Tibetan detachment, STD). Проявлены три стилия оруденения; 1 – Sb; 2 – Au–Sb; 3 – Au. Все связаны с лейкогранитами. На объекте Шалагань (Shalagang) насчитывают более 100 тыс. т Sb со средним содержанием 31,5 %. Залежи (< 26 млн лет) – в кластитах, кремнистых породах, песчаниках

K_1 , диоритах KZ. Au–Sb месторождение Мазхала (Mazhala) – разновозрастное. Sb в рудах 35 % (ресурсы менее 10 тыс. т), Au – 3,88 г/т [23, р. 10, fig. 5].

На Центральном Французском массиве в районе Массиак-Уш (Massiac-Houches) часть Sb-тел в породах байоса считают J_3-K . В немецком Шварвальде (Верхне-Рейнский массив, его французский сектор – Вогезы, Vosges) проявления стибнита, пиролюзит-псиломелановые, баритовые отмечены в отложениях вплоть до олигоценых [24, с. 166, 167].

Западная Сербия на границе с Боснией и Герцоговиной – месторождения Заяца (Zajaca), Раевац (Rujevac), Столице (Stolice) – давала основную массу Sb Югославии. Обрабатывали линзы и трубчатые тела, развитые концентрически в окремненных известняках (С) вокруг третичного массива гранитов Бораня (Boranja). Третичный возраст аккумуляций Sb очевиден. Сложнее с объектами австрийских Восточных Альп и словацких Западных Карпат – Пежинок (Pezinok), Дубрава (Dúbrava), Магурка (Magurka), Оздин (Ozdín), Сусма (Súšťa), Кремница (Kremnica). На примерах последних и рудных районов Кройцек-Голдек (Kreuzeck-Goldeck) и Шляйнинг (Schlaining), пров. Бургерланд (Burgenland), Австрия, показано [25], что их формирование было многостадийным. Высокотемпературная минерализация (пирит, арсенопирит, Au) появилась при участии неоварисского магматизма (340–290 млн лет). Альпийская реювенация варисского фундамента привела к появлению сульфосолей и стибнита. Палеоальпийская фаза (J–K) ответственна за кристаллизацию карбонатов и барита. В позднеальпийскую фазу появилась основная масса Sb. В словацкой Кремнице (Kremnica) она неогеновая (17–19 млн лет, K/Ag, треки U в цирконах). Sb руды Шляйнинга (Schlaining) могли окончательно сформироваться 15–20 млн лет [25].

Геоструктурная интерпретация распределения сурьмы и ее историко- минерагенические провинции

Большинство площадей с концентрированным количеством Sb-объектов (см. рис. 2), как видим, тяготеет к периферии Тихого океана и Северной половины Атлантики. В теле Евразийского континента проступают крупнейшие фрагменты Средиземноморского суперпояса со многими частными скоплениями Sb. Между Европейско-Иранским и Центральнo-Азиатским сегментами наблюдается протяженное зияние: территории Туркмении и большей части Ирана – несурьмоносные.

Неравномерность в распределении по поверхности континентов аккумуляций элемента очевидны. «Пустые» по Sb площади характерны для древних платформ Северного полушария, как и сурьмоносные оторочки по ослабленным зонам периферии. На рис. 3 хорошо видно, как платформы Северо-американскую, Восточно-европейскую, Сибирскую окружают площади развития описываемых рудных объектов. Последние заняли и почти весь Балтийский щит (без Карелии).

То, что аккумуляции Sb в пределах суперпоясов гетерохронны, позволяет выделить в их пределах разновозрастные историко-минерагенические провинции (ИМП). К наиболее древним раннедокембрийским отнесены (см. рис. 3) ИМП **Йеллоунайф, Онтарио** (Северная Америка), африканская **Гравелоте–Мидлендс–Табора** (ЮАР–Зимбабве–Танзания), северо-западная краевая область Австралии (кратоны Йилгарн и Пилбора). Протерозойскими признаны ИМП **Балтийского щита, Северо-Австралийская, Енисейского кряжа**.

Хорошо представлены ИМП фанерозоя. Реликтовые каледонские они на **Британских островах** и в **Южной Австралии – Тасмании**. Раннегерцискими могут быть первичные аккумуляции сурьмы Восточной Кордильеры Боливии (реювенированы в кайнозое, и на рис. 3 не указаны). Мезозойских ИМП количественно больше и по площади они обширней.

Кайнозойские ИМП тоже относятся к Тихоокеанскому и Средиземноморскому суперпоясам. В первом случае это обширные площади **Кордильер Британской Колумбии и США** (до Передовых хребтов и Южной Дакоты восточней), **Андийская, Камчатско-Сахалинско-Японская, Филиппины – Калимантан, Новая Зеландия – Фиджи – о. Лихир**. К ИМП Средиземноморского суперпояса отнесены: собственно **Средиземноморская** (Европы – Северной Африки) и континентальной Юго-восточной Азии.

Автор далек от мысли, будто им полностью расшифрована история становления аккумуляций сурьмы в палеогее и неогее Земли. Представляется лишь,

что удалось навести некоторый порядок в противоречивых и неоднозначных материалах, затрагивающих историко-минерагенические аспекты «сурьяной» проблемы, впервые оконтурить ареалы распространения скоплений элемента, обсудить их хронологические и геоструктурные аспекты и даже «пересчитать» наконец ее природные соединения – минералы (всего их известно 165). Предпринята попытка разделить проблемы «сурьяную» от кажущейся идентичной «ртутной». Из-за того, что Sb менее «непоседлива», чем Hg, геологи нередко имеют дело с Sb аккумуляциями гораздо более гетерохронными (от позднего архея до современности), более разнообразными по минеральным ассоциациям. Если для Hg рудные залежи с W, Ni, U, **редкометалльными и редкоземельными** минералами не известны и маловероятны, то в случае Sb они **обычны, иногда распространены**. Вспомним объекты Sb-W Боливии и Китая, Sb с Ni и U в адыгейском **Белореченском**, китайском **Бентоу (Bentou)**, самородную сурьму, иногда в промышленных содержаниях, в пегматитах шведского **Варутроск (Varuträsk)**, финских **Витаниеми (Viitaniemi)**, **Паюлуома (Pajuluoma, Seinäjoki)**, порфириновую Sb **Пананиучань (Pananiuchang)**, **Геполуо (Gepoluo)** в Юньнани и т. д.

То, что высокотемпературные рудные объекты немыслимы для Hg и при повышении в недрах температуры, когда Hg «ушла», Sb еще остается, дает уникальный шанс разглядеть в линейных тектонических структурах их древние реликтовые участки. Например, получить данные о том, что у Восточно-Африканских рифтов, возможно, была своя докембрийская праистория, а Восточно-Тихоокеанский подвижный пояс имел предтечу, по меньшей мере, уже в D₃ (судя по данным для **Восточной Кордильеры** в Боливии). Наконец, только исследования распределений аккумуляций сурьмы позволили обнаружить зоны активизации по обоим берегам Северной Атлантики, существовавшие, судя по возрасту сурьяных залежей гиганта **Бивер Брук (Beever Brook)**, Центральный Ньюфаундленд, Канада, с раннего девона.

По глубинности источников первичная Sb вряд ли серьезно отличается от Hg, **признанного мантийного** металла, но все же выглядит более свойственной приграничной части разреза верхняя мантия – кора, откуда происходят океанические базальты, в которых до 0,8 г/т Sb. **Практическую идентичность** содержания элемента в металлической фазе метеоритов и современной коре (0,21 г/т и 0,2 г/т соответственно) можно в первом приближении интерпретировать как сравнительную однородность в ее распределении в сечении Земли, без особых предпочтений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савко А. Д. Ультратонкое золото / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв. – Воронеж : ВГУ, 2001. – 136 с.
2. Савко А. Д. Геохимические особенности и генезис золота осадочного чехла Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Ильяш, В. А. Огороков // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 1996. – № 2. – С. 86–95.
3. Савко А. Д. Есть ли промышленные россыпи золота в недрах ЦЧЭР? / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 1996. – № 2. – С. 197–205.
4. Савко А. Д. Золото и редкие минералы в осадочном чехле Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Ильяш, Е. Н. Божко // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 1996. – № 1. – С. 133–138.
5. Савко А. Д. Эксгалиционно-осадочная металлоносность Воронежской антеклизы – новые горизонты поисков рудных месторождений в осадочном чехле. Статья 1. Интерметаллиды : локализация, типы, состав / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Лоскутов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 1999. – № 7. – С. 139–155.
6. Войтеховский Ю. Л. Сульфидные рудопроявления в вулканогенно-осадочных породах Имандра-Варзугской структурной зоны : типы, распространенность / Ю. Л. Войтеховский, С. М. Карпов, А. В. Волошин, В. И. Пожиленко, А. Е. Борисов // Пирротиновое ущелье. Всерос. научно-практ. конф., «Уникальные геол. объекты Кольского полуострова» (Апатиты, 27–29 июня 2011 г.). – Апатиты : К & М, 2011. – С. 57–60.
7. Чернявский А. В. Рудные минералы Панареченского эпитегрмального малосульфидного Au–Ag месторождения / А. В. Чернявский, Ю. Л. Войтеховский, А. В. Волошин, Е. Э. Савченко // Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова. Тр. VII Всерос. Ферсмановской научной сессии, посвящ. 80-летию Кольского НЦ РАН (Апатиты, 2–5 мая 2010 г.) и Областной конференции, посвящ. 75-летию историко-краеведческого музея г. Кировска (Кировск, 22–23 апреля 2010 г.). – Апатиты : К & М, 2010. – С. 109–114.
8. Беневольский Б. И. Рудные ресурсы и их размещение по геозонам. благородные металлы (МПП, золото, серебро) : справ. пособие / Б. И. Беневольский, И. Г. Ганеев, В. В. Скрипченко и др. ; под ред. Д. В. Рундквиста. – М. : Недра, 1995. – 223 с.
9. Mäkitie H. Compositional variations of granitic pegmatites in relation to regional metamorphism in the Seinäjoki region, Western Finland / H. Mäkitie, N. Kärkkäinen, S. I. Lahti, R. Alviola. – Режим доступа: arkisto.gtk.fi/sp/sp30/sp_030_pages_031_059.pdf
10. Stibnite: Stibnite mineral information and data. – Mindat. – Режим доступа: www.mindat.org/show.php?id=3782&ld=1f
11. Jonnson E. Fluid inclusions in late-stage Pb–Mn–As–Sb mineral assemblages in the Långban deposit, Bergslagen, Sweden / E. Jonnson // The Canadian Mineralogist. – 2002. – Vol. 40. – P. 47–65.
12. Mauken Greenstone Belt Gold Project – Scandinavian Highlands. – Режим доступа: scandinavian-highlands.com > Projects.
13. Пожиленко В. И. Геология рудных районов Мурманской области / В. И. Пожиленко, Б. В. Гавриленко, Д. В. Жиров, С. В. Жабин. – Апатиты, 2002. – 360 с.
14. Hazen R. M. Mercury (Hg) mineral evolution : a mineralogical record of supercontinent assembly, changing ocean geochemistry, and the emerging terrestrial biosphere / R. M. Hazen, J. Golden, R. T. Downs et al. // American Mineralogist. – 2012. – Vol. 97. – P. 1013–1042.
15. Lake J. W. L. Structural and stratigraphic controls on mineralization at the Beaver Brook antimony deposit, Central Newfoundland / J. W. L. Lake, D.H.C. Wilton // Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources, 2006. Geological Survey Report 06-1. – P. 135–146.
16. Arce-Burgoa O. R. Metallogeny of Bolivia / O. R. Arce-Burgoa, R. J. Goldfarb. – Режим доступа: www.dim.uchile.cl/~lsaavedr/.../Metallogeny%20of%20Bolivia.pdf
17. Bernard J. H. The reactivation of the ancient massif and metallogeny : example of the Bohemian massif / J. H. Bernard, V. Škvor // Econ. Geol. – 1980. – Vol. 75, № 2. – P. 251–259.
18. Peng J. Sm-Nd isotope dating of hydrothermal calcites from the Xikuangshan antimony deposit, Central Hunan / J. Peng, R. Hu, Y. Lin, J. Zao // Chinese Science Bulletin. – 2002. – Vol. 47, № 13. – P. 1134–1137.
19. Pavlova G. G. The age of Ag-Sb deposits of Central Asia and their correlation with other types of ore systems and magmatism / G. G. Pavlova, A. S. Borisenko // Ore Geology Reviews. – 2009. – Vol. 35. – P. 164–185.
20. Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых : в 3 т. – Т. 3, кн. 2 : Стратегические виды рудного сырья Востока России / [В. И. Гончаров, Л. И. Карпенко, А. В. Лаломов и др.]. – М. : ИГЕМ РАН, 2006. – 672 с.
21. Laznicka P. Giant Metallic Deposits : Future Sources of Industrial Metals / P. Laznicka. – Science, 2010. – Режим доступа: linkinghub.elsevier.com/.../0743954795000
22. Gokce A. Stable isotopes study of Antimony deposits in the Muratdagi region, western Turkey / A. Gokce, B. Spiro // Mineral Deposita. – 1994. – Vol. 29. – P. 361–365.
23. Hou Z. Metallogenesis of the Tibetan collisional orogen: A review and introduction to the special issue / Z. Hou, N. J. Cook // Ore Geology Reviews. – 2009. – Vol 36. – P. 2–24.
24. Магакьян И. Г. Металлогения (главные рудные пояса) / И. Г. Магакьян. – М. : Недра, 1974. – 304 с.
25. Prochaska W. Stibnite mineralization of Western Carpathians and Eastern Alps : geological, mineralogical and geochemical features / W. Prochaska, M. Chovan, E. Schroll, P. Andras, F. Ebner, J. Kotulova, H. Mali. – Режим доступа: www.academia.edu/.../STIBNITE_MINERALI

Воронежский государственный университет

Шевырёв Л. Т., доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИ геологии ВГУ

E-mail: shevpp@yandex.ru

Тел.: (0742) 235-39-42

Voronezh State University

Shevyrev L. T., Doctor of Mineralogical and Geological Sciences, Professor, leading Scientific Associate of the VSU Institute of Geology

E-mail: shevpp@yandex.ru

Tel.: (0742) 235-39-42