



ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

УДК. 550.4:551.432.447(470.32)

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ОСАДОЧНАЯ МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ - НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ

СТАТЬЯ 2.

НОВЫЕ ДАННЫЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДЕЙ, ПРОГНОЗ РУДОНОСНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УЧАСТКИ

А.Д.Савко, Л.Т.Шевырев, В.В.Ильяш, В.В.Лоскутов

Воронежский государственный университет

В 1999-2000 г.г. в осадочном чехле Воронежской антеклизы состоялось открытие новых проявлений интерметаллидов, в том числе и таких, которые по своему составу не могут быть отнесены к "ауридам" и "купридам". Подтвердилась структурно-тектоническая приуроченность проявлений к крупнейшим разрывам осадочного чехла, активизированным в фанерозое. Впервые приводится общая геологическая характеристика 26 перспективных участков, локализованных в пяти административных областях ЦЧР.

1. Новые данные о химизме золота и интерметаллидов

Принципиально важным представляются два обстоятельства: получение первых точных аналитических данных о составе золотин россыпи Русская Журавка и открытие проявлений интерметаллидов иного состава, нежели ауриды и куприды.

1.1. Новые данные о геохимии золота Русской Журавки

Россыпь Русская Журавка, исследованная работами Придонской КГРЭ в начале 70-х г.г., по масштабам, запасам металла, его содержаниям (до 5,64г/м³), изученности остается эталонным объектом подобного типа месторождений в осадочном чехле. По техническим возможностям своего времени примеси в золоте авторами открытия россыпи не исследовались; месторождение это обычно продолжают считать кластогенным прибрежно-морским. Чтобы полнее понять происхождение золота Русской Журавки, требовалось, как минимум, получить на исследования ее золотины. К сожалению, ее наиболее богатая часть, так называемая третья структурная терраса, без буровых работ недоступна из-за значительных (15м) мощностей вскрышных пород. Вот почему нами первоначально были извлечены зерна металла из базальных песков Р₁ с карьера на востоке с. Русская Журавка, а позднее - переотложенные золотины из современного пролювия, конуса выноса



Рис.1. Новые проявления интерметаллидов: 1 - административные границы областей.

небольшого оврага, дренирующего площадь самого месторождения (рис.1-3). Пролувиальное золото, вымытое временными потоками из основного золотоносного пласта-базального горизонта палеоцена (дальность переноса не превышает сотен метров), относится к существенно более тонким фракциям нежели золотины песков Р₁ с: 20 мкм против обычных 50-60 мкм. Таким образом даже кратковремен-

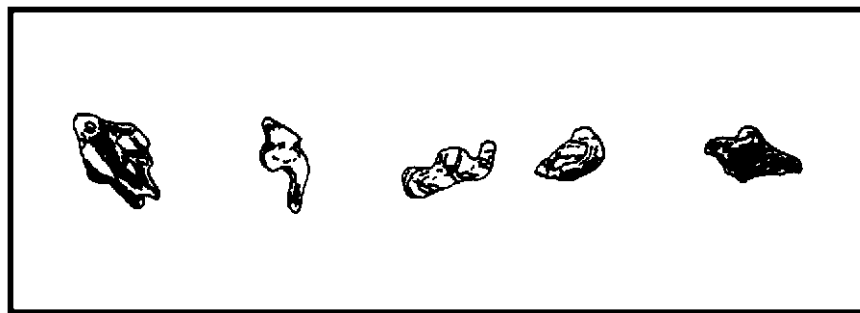


Рис.2. Морфология зерен золота из базального горизонта свиты $P_1 s.$ Карьер на восточной окраине с. Русская Журавка. Размерность золотинок 50-60 мкм.

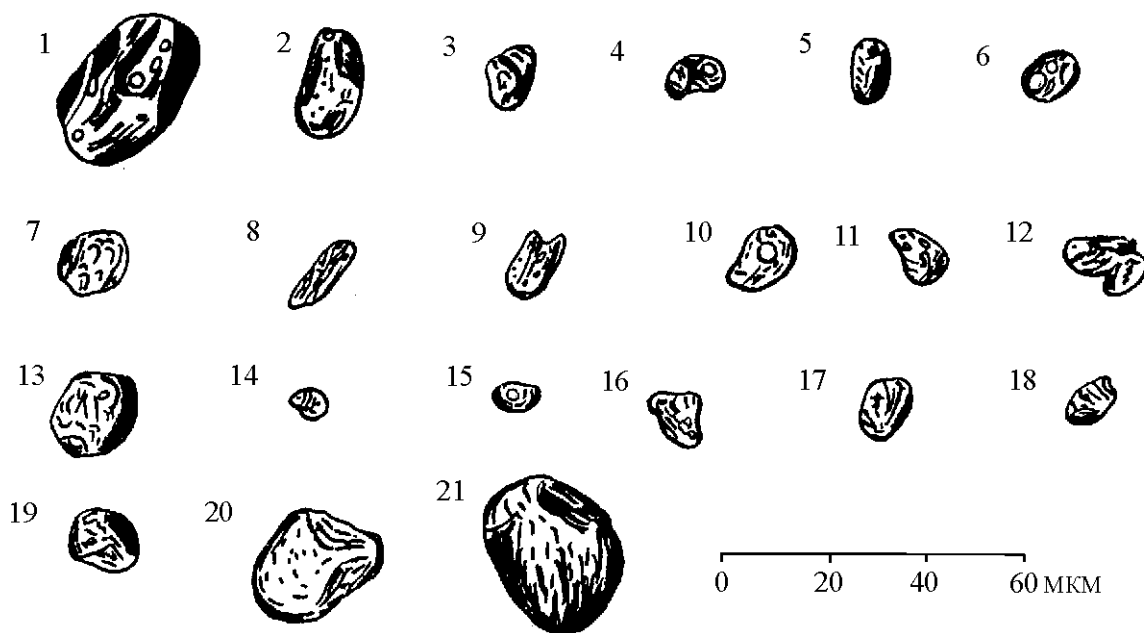


Рис.3. Морфология зерен золота из современного пролювия на площади россыпи Русская Журавка (№№ 1-20) и мамонской толщи с.Осетровки (№ 21). Размерность золотинок около 20 мкм.

ного воздействия сезонных водных потоков оказалось достаточно для резкого изменения размерности и облика золотинок: они стали изометричными и окатанными. Между тем часто приходится встречаться с мнением о сомнительности столь существенных трансформаций для зерен металла ультратонких фракций, но, что говорится, факт налицо.

Семь зерен пролювиального золота подверглись рентгеновскому микронзондированию (табл.1). Одновременно, чтобы лучше понять специфику их химического состава, были выполнены подобные же исследования и для типичных золотинок Вилюйской провинции и Северо-Востока РФ, на той же аппаратуре, при участии того же оператора. Зерна золота предоставил Е.Н.Божко.

При рассмотрении результатов анализов табл.1 в ее части, касающейся россыпи Русской Журавки (семь определений), обращают на себя такие особенности: 1 - чрезвычайная изменчивость пробности, от 535 до 975. В россыпях Вилюйской провинции этот показатель укладывается во много

меньшие величины - 752-943, в Магаданских - 837-988; 2 - более чем вдвое превышен абсолютный максимум по содержанию серебра. В зерне 1 его количество составило 43,854%, в то время как ранее [2, табл 1, золотина 43] оно нигде не превышало 21,089%. Можно с уверенностью говорить, что впервые в осадочном чехле Воронежской антеклизы обнаружен типичный электрум. И в то же время (золотина 6) есть и очень малосеребрянные разности (Ag 0,961%). Ничего подобного не наблюдается в россыпях, которые можно считать однозначно кластогенными. В Вилюйских, по представленным данным, серебра - 4,8-23,4% , Магаданских - 6,7-19,8%. И лишь в аномально высокопробном Магаданском зерне 9 (пробность 988) серебра почти не встречено (Ag 0,253%); 3 - в пролювиальных золотинок Русской Журавки содержится рекордное количество ртути (1,212%, зерно 1), сурьмы (0,0141%, зерно 6), висмута (0,408%, зерно 6). Для аллювиальных россыпей Сибири подобные показатели существенно скромнее; 4 - содержания "прочих элементов-

Таблица 1

Сопоставление химического состава золотин Русской Журавки (пролювий), Вилуйской провинции, Северо-Востока России, в вес. %. Самебах SX-50. Аналитик И.А.Брызгалов (лаборатория МГУ).

№	Регион	Au	Ag	Cu	Pt	Pd	Hg	Te	As	Sb	Bi	Fe	Сумма
1	Воронежская антеклиза, Русская Журавка	53,530	43,854	0,055	0,077	-	1,212	0,060	0,018	-	-	-	98,806
2	там же	85,085	11,824	0,037	-	-	0,604	0,044	0,018	-	0,097	0,064	97,755
3	там же	83,197	11,103	0,075	0,021	-	-	0,054	-	-	-	0,026	94,497
4	там же	87,510	7,576	-	0,087	-	-	-	0,021	-	-	0,001	95,174
5	там же	92,254	7,412	0,081	0,123	-	-	0,070	-	-	-	0,001	99,950
6	там же	97,510	0,961	-	-	-	-	1,131	-	0,014	0,408	-	99,027
7	там же	89,297	10,083	-	-	-	-	0,107	-	-	0,136	0,001	99,624
8	Северо-Восток РФ	78,768	19,786	0,037	0,026	-	0,068	0,182	-	0,004	0,202	-	98,973
9	там же	98,765	0,253	0,002	0,081	-	0,191	0,076	-	-	-	0,017	99,386
10	там же	88,764	6,668	0,035	0,041	-	0,659	0,105	0,001	-	-	-	96,296
11	там же	83,674	11,807	0,046	0,135	-	0,194	0,100	0,024	-	0,183	0,025	96,164
12	Вилуйская провинция	75,190	23,427	-	-	-	0,122	0,092	-	-	0,081	0,027	98,939
13	там же	88,289	11,175	0,082	-	0,073	-	0,125	0,045	-	-	0,033	99,822
14	там же	94,349	4,787	0,032	0,041	-	0,081	0,108	0,054	-	0,128	0,006	99,586

примесей” (сверх суммы концентраций перечисленных в табл.2 элементов) в пролювиальном золоте Русской Журавки существенно выше этого показателя для сибирских и дальневосточных аллювиальных золотин. Оно здесь обычно составляет первые проценты, достигая 4,826 % (зерно 4) и даже - 5,503% (зерно 3). Показатель свидетельствует, хотя и косвенно, о много большем разнообразии элементарного состава Русскожуравкинского золота. Среди его разновидностей, помимо уже названного ртутистого электрума (зерно 1, Hg 1,212%), отчетливо выражены еще две: золото платинистое (зерно 5, Pt 0,123%) и теллуристо-висмутистое (зерно 6, Te 0,131%, Bi 0,408%).

Факт указанного (реликтового) разнообразия примечателен. Золотины попали в обводненную зону активной аэрации-пролювий из существенно глинистых верхнепалеоценовых материнских отложений, в которых их сформировали восходящие флюиды. В пролювии зерна золота лишились своих “камер захоронения”, ответственных за сохранность их первичного состава и имели все возможности растерять значительную часть примесей из-за самоудаления летучих. То, что часть весьма подвижных примесей сохранилась, признак кратковременности нахождения эксгалационно-осадочного золота в пролювии. Относится сказанное и к ртути и теллуру, элементам высокоподвижным, известным стремлением экстрагировать транзитное Au, связывая его в амальгамы и теллуриды. В том, что процесс самоудаления летучих в пролювии активно идет, убеждает отсутствие Hg в зернах 3-7, в которых теллура еще очень много. Исчезнут последние летучие, с высокой вероятностью можно говорить и об исчезновении золотин в их нынешнем виде.

1.2. Новые проявления интерметаллидов

За истекший год открыты несколько новых проявлений интерметаллидов в осадочных породах

Воронежской и Липецкой областей (см. рис.1): Урыв, Стрелица-Ближняя, Манино, Покрово-Казачи. Зарисовки их приводим на рис. 4, состав - в табл.2.

По составу все зерна отчетливо распадаются на три группы, к которым относятся разновидности самородных цинкистой меди, железа, олова.

1.2.1. Цинкистая медь

Наибольшее число находок (10 из 16) принадлежит группе цинкистой меди, т.е. классическим купридам. Все ее зерна имеют бронзоватый оттенок, с заметной побежалостью, но неизменно без “рубашек”. Их формы крючковаты, с зазубренными краями, как правило, без признаков окатанности. Впрочем, из донской морены Урива отмыто вполне изометричное, овальное зерно, явно испытывавшее влияние водных потоков (рис.4, зерно 14), тогда как в тамошних более древних песках Q₁ pk знаки цинкистой меди- латуни традиционно неокатанны (см. там же, зерно 13).

Содержания меди в купридах новых проявлений варьируют в пределах от 62,592% до 79,396%, цинка - от 19,075% до 35,688%. Тем не менее явно угадываются “предпочтительные” концентрации ведущих металлов в природных сплавах. По цинку, например, они отвечают значениям “около 19%” и “около 35%”, по меди - 62-63% и “около 78%”. В среднеплейстоценовых песках левобережной террасы Дона у сел Покрово-Казачи и Черепянь под г. Лебедянь выделения цинкистой меди принадлежат разновидностям с обоими пиками содержания Zn, но в каждой конкретной скважине (P-139/6, с-97) все зерна неизменно относятся лишь к одной из них, т.е. более или менее цинковой. Постоянство вклада каждого из основных элементов, меди и цинка, в общий химический состав природной латуни свойственен и ее разновидностям из сеноманских гравийных песков с Осетровки. Однако это только самая общая закономерность. В тех же осетровских зернах микронзонди-

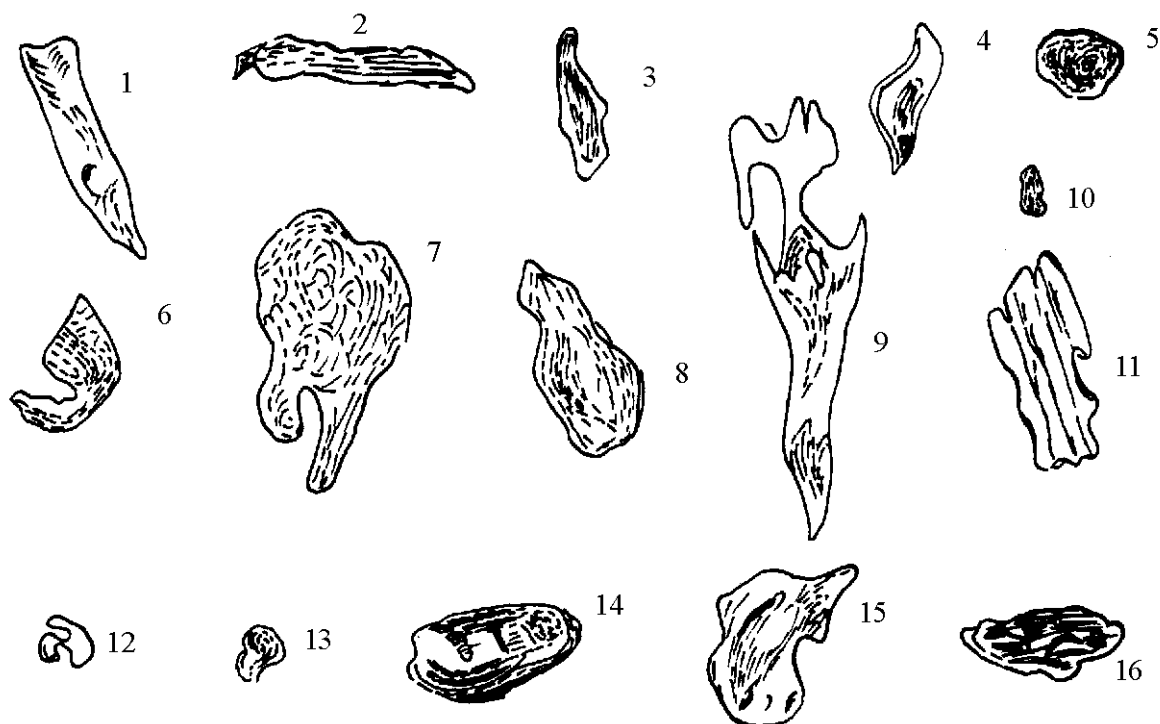


Рис.4. Морфология зерен интерметаллидов новых местонахождений. Размерность от 100 мкм до 1 мм.

Таблица 2

Химический состав интерметаллидов новых местонахождений (вес. %).
Самебах SX-50. Аналитик И.Н.Брызгалов (лаборатория МГУ).

№ п.п	№№ проб	Fe	Cu	Sn	Pb	Zn	Cd	Al	Ag	As	Te	Bi	Sb	Сумма
1	3041, Осетровка, K ₁ s	0,028	78,428	0,065	0,058	19,442	0,046	0,257	0,053	-	0,065	-	-	98,500
2	там же	0,005	77,644	0,051	-	19,492	0,046	0,242	-	-	-	0,135	-	97,615
3	45, Стрелица-Бл., K ₁ a	81,426	-	-	-	-	-	0,084	0,051	-	0,055	0,064	-	81,780
4	131, там же, K ₁ a	-	+	-	-	+								
5	130, там же, N ₁	65,009	0,115	0,024	0,004	0,058	-	0,165	0,025	-	-	0,071	0,059	65,510
6	с.53, Покрово-Казаци, Q ₁₁	0,016	78,678	-	-	20,388	-	0,193	-	-	0,077	-	-	99,352
7	P-139/6, Покрово-Казаци, Q ₁₁	0,056	62,592	0,055	0,005	35,688	-	0,559	0,089	-	0,091	-	-	99,135
8	там же	0,071	63,193	0,03	-	35,191	-	0,367	0,014	-	0,047	-	-	98,843
9	с-97, там же	0,005	78,266	-	0,048	19,607	-	0,353	0,075	-	0,047	0,051	-	98,452
10	с.97, там же	0,016	79,396	-	0,043	19,075	-	0,404	0,009	-	0,032	0,150	0,021	99,148
11	с.4, там же	0,047	0,099	91,715	7,435	0,062	-	1,254	0,087	0,046	-	0,089	-	100,834
12	132, с.Урыв, K ₁ al	100,363	0,032	0,061	0,303	-	-	0,110	-	0,026	0,006	0,004	-	100,985
13	135, там же, Q ₁ pk		+			+								
14	136, там же, Q ₁ ds		+			+								
15	311 русло р.Манина	-	1,733	82,287	5,594	0,045	-	1,138	0,125	0,039	-	0,017	-	90,980
16	там же	-	0,021	93,099	0,983	0,076	-	2,141	0,037	0,067	-	0,133	-	96,557

Примечание: Крестиком в некоторых ячейках показано качественное присутствие данного элемента в случаях, когда количественное определено невозможно из-за плохой полировки препарата.

рование фиксирует принципиальные отличия в концентрациях малых примесей. По этому признаку каждый из двух знаков осетровской цинкистой меди принадлежит различным ее разновидностям. Зерно 1 (табл.2) содержит заметные количества свинца, серебра и теллура, отсутствующие в зерне 2. Послед-

нее, вместо этого, выделяется аномальными концентрациями висмута (0,135%), нацело отсутствующего в зерне 1.

Природную цинкистую медь-латунь впервые описала Judith W. Frondel [4, с.50], которая выделила минерал из тонкозернистого рыхлого материала и

тонкозернистого базальта “Аполлона-11” и брекчии “Аполлона-12”. Ею был описан серповидный обломок латуни, соприкасавшийся с зернами троилита FeS и полевого шпата. Анализы показали содержания в ней меди и цинка, аналогичные тем, что свойственны и части наших находок: Cu - 55-70%, Zn - 30-45% (сравните с данными по воронежской латуни). Там же встретили и олово (0,3-5%). J.FrondeL отметил, что в земной меди встречается немного Ag, As, Fe, Bi, Sb, “но в ней никогда не бывает в значительных количествах цинка или олова” [4, с.50]. Однако вскоре и на Земле нашли цинкистую медь. Впервые ее открыли [1, с.12,24] в кварц-карбонат-слюдистых метасоматитах, высококремнеземистых цеолититах Кавказа. Последние были образованы за счет кислых дифференциатов, глин и глинистого цемента песчаников. Выделения латуни описали среди прочих самородных элементов (Zn, Cu, Pb, Fe, Sb, Sn) и интерметаллидов (двойные, тройные фазы систем Zn-Sn-Cr, Pb-Sn-Fe, Pb-Sn-Sb, Sn-Pb-As). В 1978 г. цинкистую медь встретили в золотокварцевых жилах и минерализованных тальк-карбонатных породах. Особенно часто латунь встречалась среди кварцевых жил, локализованных в углистых сланцах. Уральские и закавказские разновидности латуни по формам выделения (пленки, пластинки, лапчатые зерна) и составу (Zn 27-36%, Au до 0,26%, Fe до 1%, десятые-сотые доли % Sn, Pb, Sb) очень близки воронежским.

1.2.2. Олово

Проявления самородного олова в осадочном чехле региона описываются впервые. В шлихах, выделенных из среднечетвертичных отложений левобережной донской террасы под г.Лебедянью (с.Покрово-Казак) и современного руслового аллювия р.Манина (Калачеевский район Воронежской области), встречены соответственно один и два небольших знака олова. Размерность частиц (рис.4, зерна 11,15,16; табл.2, зерна с теми же номерами) - 200-300 мкм. Знаки олова неокатанные. Зерно 11 короткостолбчато, с бороздами вдоль длинной оси. Зерно 15 имеет зазубренные края, и небольшие периферические острые выступы. Зерно 16 наиболее изометрично, ладьеобразно, что, скорее всего, не является признаком окатанности, так как ограничения его неровны. Вероятность техногенного происхождения всегда должна обсуждаться при описании россыпных проявлений самородных металлов. В нашем случае отметим, что она невелика для Покрово-Киреевского проявления (исследовался керн скважины) и должна быть особо оговорена в случае пробы из русла р.Манина. Последнее место пробоотбора находится в пределах большого села, рядом с автодорожным мостом, куда периодические подсыпают щебень из местных карьеров. Впрочем есть весомые геохимические аргументы в пользу природного происхождения знаков олова. Прежде всего отметим, что зерно 15 относится к медисто-свинцовой разности (Cu - 1,733%, Pb - 5,594 %), зерно 11 - к свинцовой (11, Pb - 7,435%), зерно 16 - к суще-

ственно висмутистой (16, Bi - 0,133%). Кроме того, существуют прочие индивидуальные особенности у каждого из знаков: 1 - большие различия в содержаниях ведущего компонента Sn. Даже в Манинском местонахождении эта разница достигает (зерна 15 и 16) почти 11% (!); 2- высокая и разнообразная серебримость, достигающая 0,125%. В техногенных Sn-Pb припоях серебра нет; 3 - значительные содержания высоколетучего и весьма токсичного мышьяка в каждом из знаков описываемого металла (до 0,067%), что опять же запретно для техногенного вещества.

Состав зерен 15 и 16 изучен далеко неполностью: разность между 100% и суммой открытых элементов колеблется в интервале 3,443-9,020%. Значит, в них содержится целый ряд пока не обнаруженных примесей. Особо отметим также, что в районах находок шлихового олова нами уже описывались оловянистые разности ультратонкого золота [3], а из верхнеплейстоценовых песков Павловского карьера авторами выделен касситерит [2]. Новые находки олова, возможно, способны повысить перспективы отдельных частей антеклизы на обнаружение скоплений этого дефицитного металла на глубине.

1.2.3. Железо самородное

Проявления самородного железа в осадочном чехле Воронежской антеклизы мало изучены, и его земное нетехногенное происхождение обсуждалось недостаточно. Имеется свидетельство А.А. Дубянского об обнаружении значительных масс самородного губчатого металла, иногда весом более килограмма, в болотах Усманского бора, ныне Воронежского биосферного заповедника. В Мире земное самородное железо довольно распространено. Указывается [1, с.10], что этот металл можно встретить при внимательном изучении почти любого серпентинитового массива.

Здесь описываются два проявления металлического железа, зерна которого выделены из тяжелой фракции шлихов осадочных толщ Стрелицы-Ближней и Урыва. Размер зерен - 100-300 мкм (рис.4, зарисовки 3, 5, 12; табл.2).

В карьере Стрелицы-Ближней выделения железа отмечены в бетонных песках K_{1a} и разномзернистых песках с гравием и галькой N₁, т.е. в базальных горизонтах крупных осадочных ритмов. Зерно 3 из аптской толщи ладьеобразно, неокатанно, с мелкими закругленными выступами (300 мкм по длинной оси). Выделение железа в миоценовом аллювии поменьше (200 мкм), округло, изометрично, со значительно менее выраженным внешним рельефом. Хорошо видно, перед нами не чистое железо, а его сложные сплавы, в каждом случае со своим составом примесей. При этом в обоих случаях полный их спектр остался нераскрытым: сумма вкладов выявленных элементов в зерне из аптской толщи составляет 81,780%, в зерне из миоцена - еще меньше,

65,510%. Может ли вещество этих зерен иметь космическое происхождение? Отвечая на этот вопрос, сначала заметим, что основным критерием при определении внеземного происхождения железа является установление его высокой никелистости. При этом метеорный металл *всегда* содержит две фазы в закономерном срастании друг с другом (по У.Томсону и А.Видманштетту, “видманштеттовые структуры”) - высоконикелистого железа-тэнита и малоникелистого железа-камасита. Концентрации никеля в наших зернах микрозондированием не исследовались, и это обстоятельство во многом оставляет вопрос о генезисе железа Стрелицы-Ближней открытым. Однако, есть косвенные признаки, свидетельствующие скорее о земном его происхождении нежели космическом: 1 - аномально высокие содержания серебра (0,025-0,051%), что внеземному веществу несвойственно; 2 - высокие содержания летучих Te (0,055%) в зерне 3, Sb в зерне 5 (0,059%), легкоплавких Sn в зерне 5 (0,024%), Bi в обоих зернах (0,064-0,071%); 3- присутствие заметного количества Cu (0,115%) в зерне 5. что тоже несвойственно метеорному железу.

На наш взгляд, в дискуссии о генезисе минерала Стрелицы не могут не быть учтены высокие содержания органического вещества в ее аптских глинах. Накопилось оно в конседиментационных условиях, локальной озерно-болотной обстановке аптского века. Присутствие столь мощного восстановителя, безусловно должно было стать благоприятным фактором для образования описываемого минерала (вспомним его находки в современных воронежских болотах). Знак железа встречен и в тяжелой фракции шлиха, отмытого из альбских песков Урыва (рис.4, зерно 12). Он невелик (около 100 мкм), занозисто-крючковатого облика. Сомнений в его земном происхождении меньше, чем в случае Стрелицы, так как состав минерала весьма однороден - почти чистое железо. Наиболее заметными примесями являются свинец (0,303%) и алюминий (0,110%). Последний может входить в состав тонкой пыли, выполняющей выбоинки в микрорельефе. Присутствие же свинца может иметь генетическое значение. Известно, в месторождении азотно-метановых газов Альтмарк (Германия) происходит выделение этого самородного элемента на металлических частях механизмов, наряду со свободной ртутью [1,с.14]. Ртуть в нашем случае не определялась, но следы других высоколетучих, мышьяка и теллура, зафиксированы и здесь. Каково же происхождение зерен вышеописанных интерметаллидов? Как и в ранних публикациях, мы предполагаем их образование путем газоконденсатной кристаллизации из восходящих глубинных потоков, летучихносителей металлов (Hg,As,Te,Sb) со значительной водородно-углеродной составляющей. Последняя, наряду с локальными концентрациями органического вещества, была ответственной за формирование восстановительной среды, непременно ус-

ловия появления зерен самородных металлов. При этом плотность флюидов предполагается достаточно высокой, чтобы нейтрализовать влияние кислородной и водной среды осадочных пород. Только так можно объяснить появление в интерметаллидах такого оксифильного элемента как цинк природных латуней. Понятно, что достичь подобной плотности флюиды могли лишь в пределах разрывов весьма глубокого заложения. По этой причине проявления самородных металлов, особенно в толщах обедненных собственным органическим веществом, следует рассматривать как дополнительный чисто геологический признак положения конкретных площадей в зонах влияния крупных дизъюнктивов. Во многом схожую точку зрения на процесс формирования самородных металлов ранее формулировала и М.И. Новгородова [1, с. 39].

2. Прогноз россыпной золотоносности

Теперь, когда установлены основные особенности локализации и формы нахождения свободного золота в осадочном чехле (ультратонкие размеры золотин, насыщенность их летучими компонентами, тяготение проявлений к зонам мантийных и глубоких коровых разрывов), можно обсудить карту прогноза, составленную для вновь выделяемой Воронежской золотоносной провинции (рис.5) . Особенностью ее является демонстрация регионального распространения проявлений металла, относимых к эксталяционно-седиментационному генетическому типу. Площадь провинции едина в структурном отношении, так как совпадает с Воронежской антеклизой. В ее пределах выделяются несколько металлогенических зон (районов) I порядка, в свою очередь делящихся на зоны (подрайоны) II порядка.

2.1. Металлогенические зоны (районы)

Металлогенические зоны (районы) отличаются друг от друга различной насыщенностью (частотой встречаемости), разными масштабами и концентрациями проявлений золота. Все такие зоны I ранга находят отражение в нарушениях сплошности глубинных (десятки км, до 200 км) оболочек земной коры. Подобным глубинным линейным структурам, нашедшим отражение в рельефе поверхностей М и коровой, противопоставляются консолидированные, тектонически весьма гомогенные блоки срединных массивов.

Металлогенические зоны (районы) I ранга разделены на те, что *представляют наибольший практический интерес* и те, что на данном этапе *менее интересны*. Такое разделение стало объективно возможным после отнесения к основным критериям районирования, помимо названного структурно-тектонического, масштабов выявленных золотопроявлений. Понятно, что гораздо большее практическое значение имеет площадь с уже открытыми

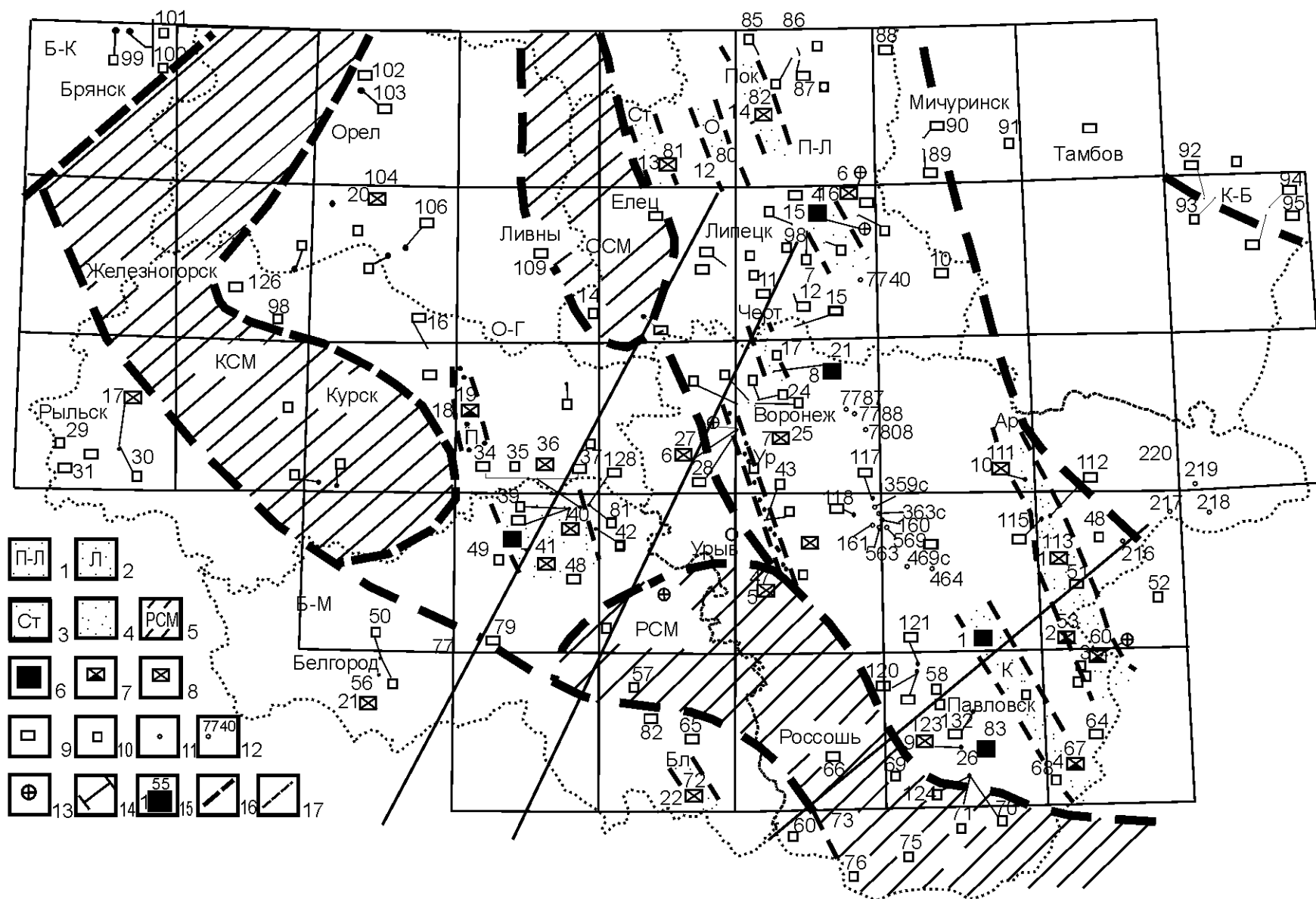


Рис.5. Карта прогноза росыпной золотоносности осадочного чехла Воронежской антеклизы. (Условные обозначения см. на стр. 133).

Условные обозначения к рис.5. Воронежская золотоносная провинция. 1- металлогенические зоны (районы) 1 порядка, в т.ч.: представляющие наибольший интерес (локализованы в пределах регионального значения зон фанерозойско тектонической активизации мантийного и корового заложения, содержат многочисленные проявления рудного золота в фундаменте, значительные, более 80 мг/м³, золотопоявления в осадочном чехле: Павловско-Липецкая (П-Л), Белгородско-Марковская (Б-М), Орловско-Губкинская (О-Г), Брянско-Калужская (Б-К), Калужско-Бельская (К-Б); 2-4 - металлогенические зоны (подрайоны) П порядка, в составе металлогенических зон (районов) 1 порядка, представляющих наибольший интерес, в т.ч. наиболее перспективные (местные нарушения поверхностей кровли М и корового раздела, установленные и предполагаемые, наиболее значительные, с содержаниями 0,2-3,8 г/м³ проявления золота в осадочном чехле) Липецкая (Л), Евлановская (Е), Полевая (П), Сергеевско-Губкинская (С), Чертовицкая (Ч), Репнинская (Р), Банинская, или Мигулинско-Новохоперская (М), Круглянско-Данильская (К) - 2; весьма перспективные (местные нарушения поверхностей М и коровой, установленные и предполагаемые, содержания золота в проявлениях доходят до 0,08-0,2 г/м³) Становлянская (Ст.), Отскоченская (О), Покрово-Казацкая (Пок.), Платавско-Варварьинская, или Урывско-Стрелицкая (Ур.), Артюшкинская (Ар.), Рыльская (Рл.), Бело-Колодезная (Бл) -3; перспективные (прочие площади металлогенических зон 1 порядка, за пределами перечисленных, представляющих наибольший интерес, содержания золота в россыпных проявлениях - до 10-60 мг/м³) - 4; 5 - металлогенические зоны (районы) 1 порядка, представляющие пониженный интерес. Содержания золота в осадочных толщах незначительны, обычно до 10 мг/м³, и никогда не превышает 80 мг/м³. Отвечают обычно срединным массивам фундамента: Россошанскому (РСИ), Олымскому (ОСМ), Курскому (КСМ). Сюда же отнесены пока необследованные площади Воронежской антеклизы; 6-10 - проявления россыпной золотоносности с содержаниями металла, в мг/м³: более 1000 (6); от 400 до 1000 (7); от 80 до 400 (8); от 10 до 80 (9); менее 10, в т.ч. единичные знаки, или "ез" (10); 11 - обнажения, в которых Au не обнаружено; 12 - скважины, вскрывшие проявления Au в фундаменте, их №№; 13 - проявления прочих интерметаллидов; 14 - профили ГСЗ; 15 - 17 - прочие обозначения, в т.ч. участки детализации, вверху № их золотопоявлений по Генеральному каталогу, слева - № участка -15; границы зон 1 порядка (районов) - 16; то же, зон (подрайонов) П порядка - 17.

концентрациями золота, нежели та, где, при сравнимых параметрах сети опробования, металла либо нет, либо его немного. Критерий "выявленной золотоносности" удалось ввести после получения всего значительного массива аналитических данных, объединившего информацию почти по 200 обнажениям осадочного чехла. В результате к представляющим наибольший интерес зонам (районам) отнесены: Павловско-Липецкая, Белгородско-Марковская, Орловско-Губкинская, Брянско-Калужская, Калужско-Бельская. К менее интересным причислены зоны (районы): Курская, Олымская, Россошанская, отвечающие срединным массивам фундамента.

2.2. Металлогенические зоны (подрайоны)

В пределах основных зон (районов) выделяются (рис.5) зоны П ранга (подрайоны):

1. наиболее перспективные, с содержаниями золота по отдельным объектам 0,2-3,8 г/м³ (Липецкая, Евлановская, Полевая, Сергеевско-Губкинская, Чертовицкая, Репнинская, Мигулинско-Новохоперская, Круглянско-Данильская);

2. весьма перспективные. В проявлениях содержания золота обычно составляют 0,08-0,2 г/м³. Это металлогенические зоны: Становлянская, Отскоченская, Покрово-Казацкая, Урывско-Стрелицкая, Артюшкинская, Рыльская, Бело-Колодезная;

3. перспективные. В проявлениях содержания золота нередко достигают 10-60 мг/м³. Занимают до 80% площади каждой из представляющих наибольший интерес металлогенических зон (районов).

Сравнительно менее практически интересные площади срединных массивов фундамента, которые характеризуются небольшими содержаниями золота, ни в одном случае не достигшим даже 80 мг/м³ (величину, которую в регионе считают потенциально практически значимой).

Но почему, все-таки, площади, занимаемые срединными массивами, оказались столь мало золотоносными? В рамках принятой здесь флюидной (экспляционно-осадочной) гипотезы, объясняющей формирование скоплений металла в осадочном чехле, это обусловлено сравнительно меньшей золотоносностью архейских метаморфитов, по сравнению с нижнепротерозойскими. В самом деле, в пределах срединных массивов нет таких важных источников Au как сульфидизированные черносланцевые толщи оскольской серии PR₁₀₅ или протерозойских же базит-ультрабазитов, несущих Cu-Ni, с Au и платиноидами, оруденение. Поднимающиеся из мантийных источников флюиды в пределах срединных массивов встречают Au лишь в кварцевых жилах и зонах пропилитизации, ресурсы которых невелики. Другой причиной может быть меньшая плотность местных флюидных потоков, по причине сравнительно большей гомогенности тектонической структуры срединных массивов.

Проведение границ этих площадей - дело достаточно условное: у геофизиков и геологов нет единства мнений в рисовке ограничений даже Россошанского массива, не говоря о Курском и особенно Олымском. Впрочем, для поисков Au в осадочном чехле это не столь важно. При металлогенических построениях нам лишь необходимо различать в современной тектонической структуре Воронежской антеклизы ее наиболее проницаемые для флюидов сегменты (зоны фанерозойской активизации, ЗФА) от сегментов гомогенных, стабильных и почти непроницаемых. В ПНИЛ геологии ВГУ уже есть некоторые традиции именовать последние "жесткими глыбами". Оконтуриваются такие "жесткие глыбы", например, Россошанская, иногда эпицентрами современных землетрясений.

Россошанский срединный массив (жесткая глыба), благодаря своей высокой изученности работами А.П.Таркова и А.И.Дубянского, является в ре-

гионе эталоном такого консолидированного блока. Лишь со стороны профиля ГСЗ Губкин-Волошино, на востоке блока, в его пределы заходит Кодинцовский глубинный разлом. Не смотря на значительный объем опробования, заметных концентраций Au нигде обнаружить, не удалось (см. рис.5). Содержания не превышают 40-60 мг/м³. Даже на столь благоприятной по петрографическим признакам площади как карьер известного Журавкинского месторождения охр у с.Титаревка Кантемировского района Воронежской области (базальный горизонт олигоценовых песков, залегающих на киевских бентонитовых глинах, хороший геохимический барьер) золота нет вовсе.

Но есть и еще один тип площадей, которые подверглись опробованию в небольших объемах. Нередко там не только не отбирались пробы на Au, но не проводилось и глубинное геофизическое изучение. Большая группа таких площадей расположена на северо-востоке Воронежской антеклизы. Не охарактеризован опробованием север Тамбовской области, большая часть Брянской. Но для таких площадей и на данном этапе можно применить выработанные критерии предварительной оценки, не позволяющие признать поиски Au там окончательно бесперспективными. Те же Эртильский и Панинский районы Воронежской области расположены в пределах Эртильской металлогенической зоны фундамента, перспективной на Ni, Cu, благородные металлы. И действительно, в соседнем Новочеркутино Липецкой области, из флювиогляциальных песков Q₁ обнажения 108 извлечены золотины, самые крупные из найденных до сих пор в осадочном чехле (до 600 мкм).

2.3. Благоприятные признаки, влияющие на оценку перспективности площадей

На карте указано местоположение всех проявлений золота в осадочном чехле, многие пункты, в которых металл открыт в породах фундамента и проявления прочих интерметаллидов. Золотопроявления осадочного чехла ранжированы. По содержаниям металла среди них различают пять групп (мг/м³): > 1000; 400-1000; 80-4000; 10-80; <10 и "единичные знаки".

Еще один признак, отнесенный к числу благоприятных, - присутствие в шлихах прочих интерметаллидов. Эти сложные природные сплавы, конечно, содержат небольшие количества благородных металлов, но есть два обстоятельства, делающих их фиксирование перспективным. Во-первых, весьма высокие концентрации, до 20 г/м³. В определенных случаях это может "вытянуть" некоторые проявления до практически значимых. Во-вторых, присутствие интерметаллидов - верный показатель заметной флюидной активности конкретного участка и значит, здесь стоит продолжить поиски эксгальциционно-осадочного золота.

На карте прогноза указаны несколько пунктов, содержащих интерметаллиды, помимо тех, что охарактеризованы выше: Липецкое городище и северо-восток Россошанского листа. Последний - наиболее значительный по содержанию этих природных сплавов.

3. Характеристика участков детализации и перспективных участков

Оценка даже геологических прогнозных ресурсов золота во вновь открытых россыпных золотопроявлениях по единичным пробам, без детализационных и просто проверочных работ, дело достаточно спорное. Тем более оно сомнительно в случаях, когда перспективными признаются геологические тела, локализованные в действующих карьерах: к моменту получения анализов золотоносные блоки и интервалы разреза оказываются давно выбранными горными работами и не существуют в природе. Как распределено золото в оставшихся целиках и есть ли оно там вообще, сказать без опережающих отработку шурфовки и бурения дело гадательное. К сожалению, только в 2000 г. начались малообъемные поисковые работы с использованием бурения на двух перспективных объектах Липецкой области.

Несколько лучше дело обстоит с оценкой проявлений, открытых в естественных обнажениях, не затронутых горно-промышленной деятельностью. Для них возможно, по крайней мере, постепенное накапливание материалов о золотоносности. Таковых тоже немало (Данильское, Нижний Мамон, Урыв и др. в Воронежской области, Евланово в Орловской и т.д.). И здесь уместно вспомнить, что даже после проходки сотни скважин в пределах контура россыпи "Русская Журавка", выполненные объемы были признаны совершенно недостаточными, а наиболее перспективную структурную "III террасу" россыпи объявили изученной лишь на 1/6.

Таким образом, задача видится в попытке изложить, суммировать геологические материалы по объектам, в пределах которых обнаружены концентрации золота более 80 мг/м³. Приводим общие сведения о состоянии изученности 26 перспективных или подвергшихся детализации участков, расположенных в пяти областях региона (табл.3). Положение их указано на рис.5.

В последней графе табл.3 приводится краткий результирующий вывод о наиболее рациональном, по мнению авторов, отношении к проявлениям. Рекомендация "требует доизучения" предполагает необходимость дополнительных работ для хотя бы самой приблизительной оценки участков - не известны площади распространения золотоносных геологических тел и отсутствие естественных обнажений требует рекогносцировочного бурения. В то же время высокие содержания Au в пробах позволяют полагать такие расходы целесообразными. Оценки "перспективны", "весьма перспективны" оз-

Общие сведения о перспективных или подвергшихся детализации участках (вновь открытые россыпные проявления)

№ п/п.	Области ЦФЗР	Участки	Содержания Au, мг/м ³	Прогнозные ресурсы, перспективность
1.	Воронежская	Данильский, P ₂ kn	470 - 1500	320 кг, с перспективами увеличения
2.	-"-	Нижний Бык, P ₁ s	25,4 - 259	3,3 кг, с перспективами увеличения
3.	-"-	Манино, P ₁ s	0,5 - 400	Требует доизучения
4.	-"-	х.Круглый, P ₁ s	0,28 - 400	-"-
5.	-"-	Урыв, K ₂ al	107,8	-"-
6.	-"-	Стрелица-Ближняя, fglQ ₁	120	-"-
7.	-"-	Тамбовский карьер г.Воронежа, Q ₃	4-102	-"-
8.	-"-	Чертовицкий карьер, Q ₁ mc	4-1500	-"-
9.	-"-	Нижний Мамон, Q ₂₋₃	800	Хорошие перспективы
10.	-"-	Артюшкино, Q ₃ sh	80	Требует доизучения
11.	-"-	Елань-Колено, N ₂ us	90	-"-
12.	Липецкая	Отсочное, Q ₃	Три Au-носных уровня: 80; 180; 120	Весьма перспективно
13.	-"-	Становое, Q ₂₋₃	110	Перспективно
14.	-"-	Покрово-Казаки, Q ₂₋₃	Два Au-носных уровня: 140; 140	Весьма перспективно
15.	-"-	Кузьминские отвершки, N ₁ gr	От 0 до 1410	Требует доизучения
16.	-"-	Липецкое городище, Q ₁ il	100	-"-
17.	Курская	Рыльск, Q ₃	80	-"-
18.	-"-	Полевое, K ₂ s	260	-"-
19.	Орловская	Евланово, K ₁ a	800	-"-
20.	-"-	Сорочьи кусты K ₁ a	80	-"-
21.	Белгородская	Сергеевка, P ₂ kv	0 - 3800	Объект закрыт - незначительные параметры линзы охр
22.	-"-	Репное	200	Требует доизучения
23.	-"-	Белый Колодец, P ₂ kv	180	-"-
24.	-"-	Стойленский к., K ₁ a	340	-"-
25.	-"-	Лебединский к., K ₁ ps	160	-"-
26.	-"-	Толстое, P ₁ s	120	-"-

начают наличие уже на данном этапе серьезных оснований: продолжение полевых исследований и без горных работ позволит, скорее всего, подсчитать геологические запасы металла, отобрать представительные технологические пробы. Связано это с неплохой естественной обогащенностью, ясной геологической ситуацией. Таковым участком, например, является высокая левобережная терраса Дона у с. Нижний Мамон, в основании которой обнаружены содержания золота 0,8 г/м³. Протяженность этой террасы не менее километра.

Заключение

Многочисленные находки зерен эксгальционно-осадочных ультратонкого золота и прочих интерметаллидов - реальные свидетельства современной высокой флюидной активности зон крупнейших глубинных разломов Воронежской антеклизы. Разнообразный и сложный состав их элементов-примесей, выделяемый современными прецизионными методами, ощутимо варьирует по площади Воронежской антеклизы. Все более явственными становятся контуры специфических геохимических аномалий, наличие которых естественно увязывать с

геохимическими характеристиками фундамента, глубинных горизонтов земной коры. В частности, в восточных секторах региона по этим признакам выделяются уже несколько потенциально оловоносных площадей.

Интересными представляются и впервые полученные свидетельства быстрой деградации (уменьшение размеров, самоудаление летучих, автораспад) зерен ультратонкого золота Воронежского (Русскожуравкинского) типа, освобожденных эрозийными процессами из камер захоронения (индивидуальных глинистых оболочек) материнских пород. Несомненно, и в этом главное его отличие от традиционного кластогенного металла, неспособность такого золота к аккумуляции в условиях водных бассейнов или речных долин. Между тем прогнозные ресурсы ультратонкого золота по отдельным объектам могут быть значительными. Их перечень далеко не ограничивается названными 26 площадями. В совершенствовании приемов и методов их прогнозирования видится основной путь к созданию минерально-сырьевой базы драгоценных металлов региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новгородова М.И. Самородные металлы. -М., 1987. - 48 с.
2. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Ильяш В.В., Божко Е.Н. Золото и редкие минералы в осадочном чехле Воронежской антеклизы // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1996. -№ 1. -С. 133-137.
3. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Лоскутов В.В. Эксгальциционно-осадочная металлоносность Воронежской антеклизы - новые горизонты поисков рудных месторождений в осадочном чехле. Статья 1. Интерметаллиды: локализация, типы, состав // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1999. -№ 6. -С.139-154
4. Фрондел Дж. Минералогия Луны. -М., 1978. -334 с

УДК 553:481:669.24/25

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ ЕЛАНСКОГО СУЛЬФИДНОГО МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В НИХ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Н.М.Чернышов, В.В.Буковшин, **И.П.Лапутина***

Воронежский государственный университет

**Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии
и геохимии РАН, Москва*

На основе обширного аналитического материала (свыше 250 микрозондовых анализов) в статье приводятся новые данные о составе главных и второстепенных минералах и некоторые особенности распределения в них элементов платиновой группы (ЭПГ) и золота. В рудах Еланского месторождения впервые установлен брейтгауптит с высокими содержаниями благородных металлов (ЭПГ до 19,2 кг/т, Au до 4,5 кг/т), присутствие которых ранее в этом минерале не фиксировалось. Палладий-иридий-платиновая разновидность брейтгауптита рассматривается в качестве одного из наиболее значимых носителей ЭПГ в рудах еланского типа.

Условия локализации оруденения, текстурно-структурные типы руд и особенности распределения в них благородных металлов

Новые, ранее неизвестные в России и за рубежом высоконикелистые месторождения (Еланское, Елкинское) и рудопоявления (Троицкое, Новопокровское и др.), ассоциирующие с норит-диоритовыми субвулканическими интрузивами (2065-2050±14 млн.лет), локализируются в достаточно протяженной (свыше 700 км) реактивизированной в раннем протерозое Тамбовско-Волгоградской рифтогенной структуре раннеархейского заложения [1,2]. Еланское месторождение, приуроченное к крутопадающему штокообразному интрузиву (рис.1), располагается в северо-восточном эндоконтакте крупного (120 км²) сложнодифференцированного и многофазного Елань-Коленовского плутона, принадлежащего к более раннему мамонскому ультрамафит-мафитовому комплексу (2100-2080±15 млн.лет) ВКМ. Вмещающие платиноидно-медно-никелевое оруденение нориты отличаются рядом специфических, присущих лишь еланскому типу РМС, признаков [2]: 1) неупорядоченным чередованием лейко-, мезо-, иногда меланократовых мелкозернистых порфировидных амфибол- и кварцбиотит-калишпатсодержащих разновидностей, обогащенных ксенолитами ультрамафитов; 2) высокомагнезиальным составом ортопироксена (Fs₁₂₋₂₂) и низкокальциевым плагиоклазом (An₃₀₋₆₀), крайне ограниченным развитием бедного железом (FeO=9-

10 мас.%) и богатого кальцием (до 16 мас.%) и магнием (16-17 мас.%) клинопироксена, оливина (Fa₂₂₋₂₆), постоянным присутствием высокохромистых цинксодержащих хромшпинелидов; 3) повышенной магнезиальностью (MgO до 17 мас.%) при одновременно высоком содержании SiO₂ (до 60 мас.%), щелочей (2,5-4,9 мас.%, Na₂O≥K₂O), никеля и его резким преобладанием над медью (Ni/Cu=3-10), серы (0,2-1,0 мас.%), состав которой обогащен легким изотопом ($\delta^{34}\text{S}$ от -0,2 до -3,5‰); 4) устойчиво высокими корреляционными связями Fe, Ni, Co, Cu, S, As; 5) высокой (на порядок выше кларковой) хромистостью, достигающей в наиболее меланократовых разностях более 0,5 мас.% Cr₂O₃, 6) обогащенностью легкими РЗЭ и крупноионными литофильными элементами (Rb, Ba, K); высокими величинами отношений Ce/Yb, Ce/Nd, Ba/Zn, ¹⁸O/¹⁶O ($\delta^{18}\text{O}>6\%$), ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ($\Sigma\text{Sr}>1$).

Различные по мощности (от 2-5 до 35-40 м) и протяженности (от 300-600 до 1500 м) рудоносные зоны и тела Еланского месторождения, наследующие крутопадающий (65-85°) характер залегания и элементы внутреннего строения субвулканической колонны, сложены преимущественно (85-87%) вкрапленными (Ni=1,31 мас.%, Co=0,04 мас.%, Cu=0,14 мас.%) и вкрапленно-агрегатными (Ni=5,48 мас.%, Co=0,25 мас.%, Cu=0,19 мас.%) рудами с маломощными залежами массивных (Ni=8,01 мас.%, Co=0,19 мас.%, Cu=0,07 мас.%; [2]). Среди количественно преобладающих на месторождении вкрап-