

- кембрии ВКМ // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты: Матер: XXXI тектон. совещ., 3-6 февр. 1998 г. - М., 1998. - Т. 2. - С. 259-261.
18. Чернышов Н.М., Холин В.М., Стрик Ю.Н. Металлогения Алексеевско-Воронецкой рифтогенной зоны КМА // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Феноскандии. - Петрозаводск, 1999. - С. 53-54.
 19. Чернышов Н.М., Мяснянкин В.И. О золотоносности раннедокембрийских зеленокаменных структур КМА // Геология рудных месторождений. - 1992. - Т. 34, № 2. - С. 19-31.
 20. Рундквист Д.В., Кушев В.Г., Попов В.Е. Типизация структурно-металлогенических зон архейско-раннепротерозойского возраста // Геология и перспективы рудоносности фундамента древних платформ. - Л., 1987. -С.65-89.
 21. Казанский В.И. Эволюция рудоносных структур докембрия: архейские кратоны и области протоактивизации // Рудоносные структуры докембрия. - М., 1982. -С.7-68.
 22. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. -М., 1988.
 23. Ручкин Г.В., Дерюгин Ю.Н. Золоторудные месторождения раннедокембрийских зеленокаменных поясов // Докл. АН СССР. -1987 -Т.292, №4. -С.944-947.
 24. Чернышов Н.М. Минералогия и условия формирования золото-платинометалльного оруденения в стратифицированных высокоуглеродистых комплексах и метасоматитах КМА (Центральная Россия) // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях: Тез. докл. Междунар. симп., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. А.Г. Бетехтина (г. Москва, 8-10 апр. 1997 г.). - М., 1997. - С. 304-305.
 25. Fripp R. E.P. Gold metallogeny in the Archaean of Rhodesia // The early history of the Earth. L. -1976. -P. 455-466.
 26. Seager R., Meyer M., Muff R. Gold distribution in supracrustal rocks Archaean greenstone belts of Southern Africa and from Paleozoic ultramafic complexes of the European Apls: metallogenic and geochemical implications // Econ. Geol. -1982. -V. 77, № 1. -P. 1-24.
 27. Seward T.M. Hydrothermal transport and deposition of gold // Gold mineralization. Univ. exten., Univ. West. Austr., Nedlands. -1979. -Publ. 3. -P. 45-55.
 28. Viljoen R.P. Saager R., Viljoen M.J. Some thoughts on the origin and processes responsible for the concentration of gold in the early Precambrian of Southern Africa // Mineral. Deposita. -1970. -№ 5. -P. 164-180.
 29. Viswanatha M.N., Ramakrishnan M. Kolar belt // Early Precambrian supracrustals of Southern Karnataka. Calcutta, 1981. -P. 221-246.
 30. Чернышов Н.М. Типы, минеральный состав и генетические особенности золото-платинометалльного оруденения в высокоуглеродистых стратифицированных комплексах раннего докембрия ВКМ // Углеродсодержащие формации в геологической истории: Тр. Междунар. симп., 2-7 июня 1998 г. - Петрозаводск, 2000. - С. 179-190.
 31. Ляховкин Ю.С. Типизация проявлений золотого оруденения Воронежского кристаллического массива // Отечественная геол., 2001. -№6. -С.16-21.

УДК 553.43.071<<637>>(470.324)

ПЕРВОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ САМОРОДНОЙ МЕДИ, СВЯЗАННОЕ С ВЕРХНЕДЕВОНСКИМ БАЗАЛЬТОИДНЫМ ВУЛКАНИЗМОМ ЮГО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (к вопросу о сырьевой базе металлургов Мосоловского поселения эпохи поздней бронзы в бассейне среднего течения р.Дон)

С.П. Молотков, А.Ю. Альбеков

Воронежский государственный университет

Впервые дана геолого-минералогическая характеристика рудопроявления самородной меди в основании покрова верхнедевонских базальтов Мамонской площади юго-востока Воронежской антеклизы. Рассмотрены геолого-структурные и петрохимические аспекты траппового магматизма, роль фанерозойской активизации в локализации медного оруденения. Обоснована роль рудопроявлений самородной и сульфидной меди ("медистых песчаников"), как местной сырьевой базы металлургов срубных общин эпохи поздней бронзы в бассейне среднего течения р. Дон.

В процессе поисково-съёмочных работ на восточном склоне Павловского выступа Воронежского кристаллического массива к середине 60-х годов XX века были открыты первые месторождения сульфидных медно-никелевых руд (Нижнемамонское, Подколодновское, Юбилейное) в ультраосновных породах мамонского интрузивного комплекса раннего карелия [1,2]. Мощность осадочных

пород платформенного чехла на этих месторождениях колеблется от 35-50 до 100-120 метров.

Песчано-гравийные (с каолином) отложения мамонской толщи (D₃mm) с выделенным в 1968 году в основании ее разреза на Подколодновско-Юбилейном участке проявлением [3] "медистых" песчаников (с халькопиритом) широко развиты (рис.1) в южном и юго-восточном борту Павловско-

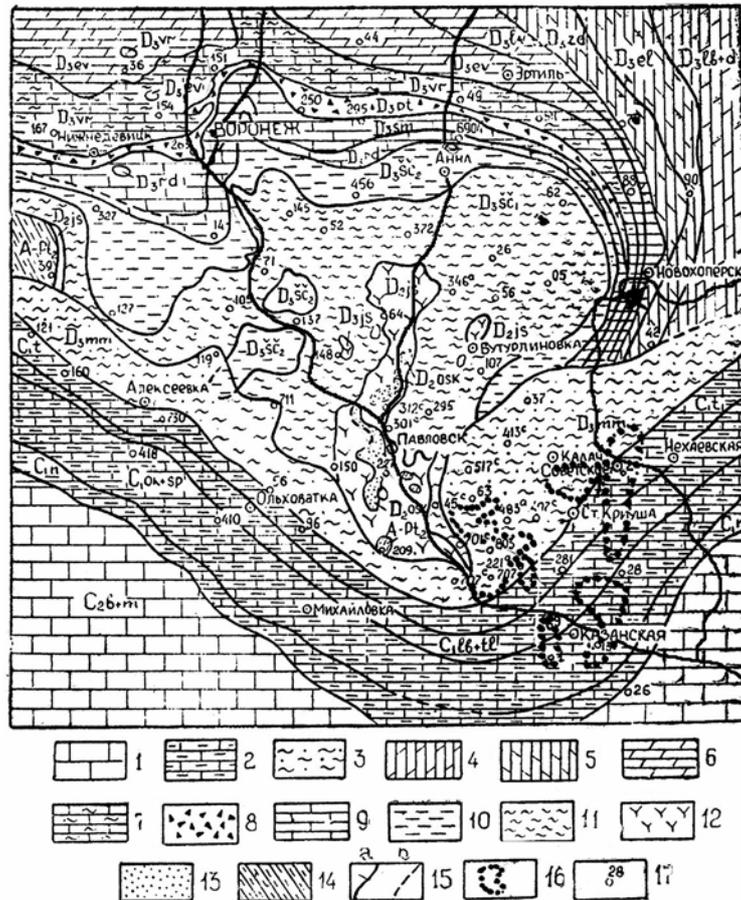


Рис. 1. Геологическая схема домезозойских отложений юго-восточной части Воронежской антеклизы (по В.Ф. Лукьянову, 1970) [14]: 1 – башкирский и московский ярусы нерасчлененные (C_2b+tl); 2 – намюрский ярус – протвинский горизонт (C_1n), визейский ярус – окский и серпуховский надгоризонты нерасчлененные (C_1ok+sp), яснополянский надгоризонт – бобриковский и тульский горизонты нерасчлененные (C_1bb+tl), турнейский ярус нерасчлененный (C_1t); 3 – мамонская толща (D_3tm); 4 – лебедянский и данковский горизонты нерасчлененные (D_3lb+d); 5 – елецкий горизонт (D_3el), задонский горизонт (D_3zd); 6 – ливенский горизонт (D_3lv), евлановский горизонт (D_3ev); 7 – воронежский горизонт (D_3vor); 8 – петинский горизонт (D_3pt); 9 – семилукский горизонт (D_3sm), рудкинский горизонт (D_3rd); 10 – верхнештигровский горизонт (D_3sc_2); 11 – нижнештигровский горизонт (D_3sc_1); 12 – ястребовский горизонт (D_3js); 13 – старооскольский горизонт (D_2osk), воробьевский горизонт (D_2vb); 14 – архейская и протерозойская группы неразделенные (AR-PR); 15 – геологические границы: а) установленные, б) предполагаемые; 16 – контуры базальтов; 17 – скважины

го выступа докембрия (рис.2). Они выходят на дневную поверхность в естественных обнажениях в борту долины реки Дон близ сел Верхний Мамон и Осетровка, а так же вскрыты скважинами на сравнительно небольших глубинах (до 30-15 метров) под современным аллювием рр. Дон, Тулучеевка.

"Медистые песчаники мамонской толщи (D_3) Павловского комплекса" включены в 1981 году Ю.Г. Старицким с соавторами [4] в состав групп полезных ископаемых пятого этапа развития Русской платформы (средний девон-ранний карбон-визе) в сводной характеристике минерагении осадочного чехла платформы в составе эмерсивной группы осадочных формаций [4].

К сожалению, проблемные вопросы возможностей нахождения местной сырьевой базы меди и использования ее в литейно-металлургическом производстве орудий труда, оружия и украшений племенами эпохи поздней бронзы срубной культурно-археологической общности лесостепной зоны поселения Мосоловка и других в бассейне Среднего До-

на в ряде опубликованных специальных археологических работ конца XX века и начала XXI века [5-12] не нашли отражения, а исследователи-археологи оказались сторонниками традиционной гипотезы импорта руды в бассейн Среднего Дона из других регионов (рис.3).

Установление в последние годы авторами самородной меди в пределах того же Подколдновско-Юбилейного участка, но в генетической и пространственной связи с базальтоидами девонского возраста (D_3pt), определило специальное рассмотрение в данной статье этой проблемы с позиции интересов геологической и археологической наук.

Условия эволюции траппового магматизма в регионе

Геодинамические аспекты траппового магматизма определяются прежде всего его внутриплитовым характером. Трапповый магматизм в отличие от магматизма горячих точек океанов проявляется

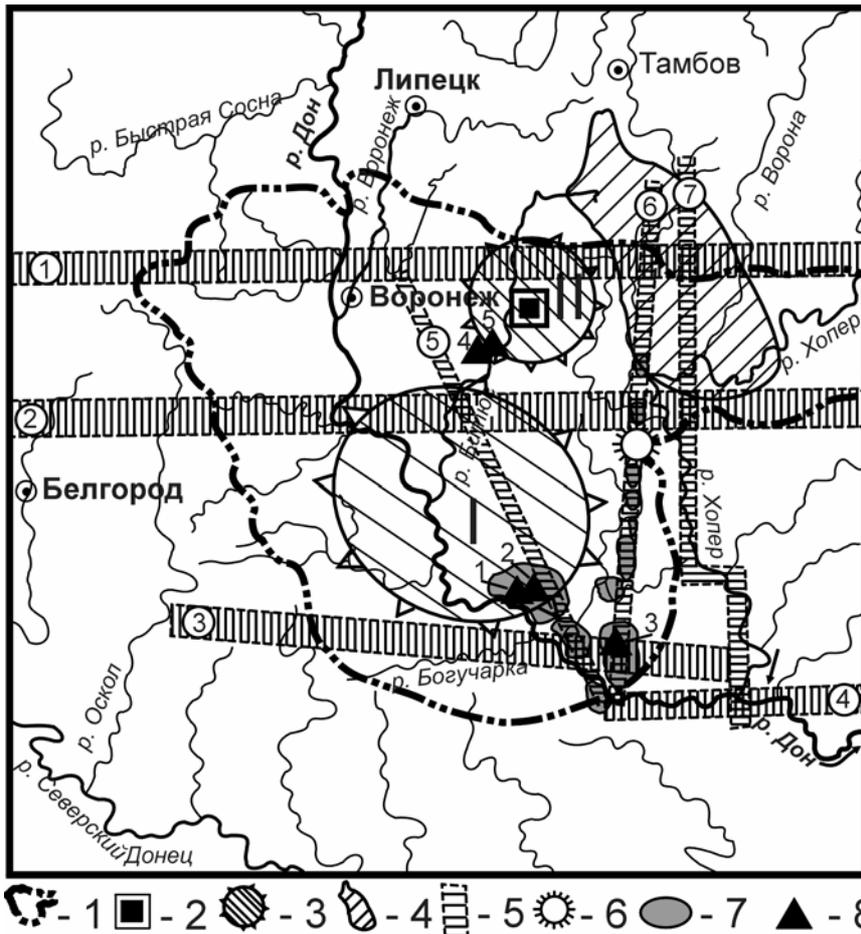


Рис 2. Схема глубинных разломов, зон фанерозойской активизации с площадями развития базальтов трапповой формации верхнедевонского возраста на юго-востоке Воронежской антеклизы: 1 – граница Воронежской области; 2 – Мосоловское поселение; 3 – поднятия фундамента: I – Павловское, II – Аннинское; 4 – зоны развития интрузивных образований новогольского комплекса трапповой формации карельского возраста; 5 – зоны фанерозойской активизации: 1 – Гомельско-Саратовская, 2 – Суджанско-Новохоперская, 3 – Прохоровско-Богучарская, 4 – Вешинско-Серафимовичская, 5 – Лосевско-Мамонская зона глубинного разлома (активизированный фрагмент – Павловско-Богучарская), 6 – Мигулинско-Новохоперская, 7 – Борисоглебско-Хоперская; 6 – Каменско-Садовская эксплозивная трубка базальтоидов; 7 – площади распространения базальтов (D_3pt); 8 – месторождения и рудопроявления сульфидных медно-никелевых руд мамонского комплекса (K_3m): 1 – Подколodновское, 2 – Юбилейное, 3 – Пионерское (Липов Куст), 4 – Садовское, 5 – Восточно-Садовское

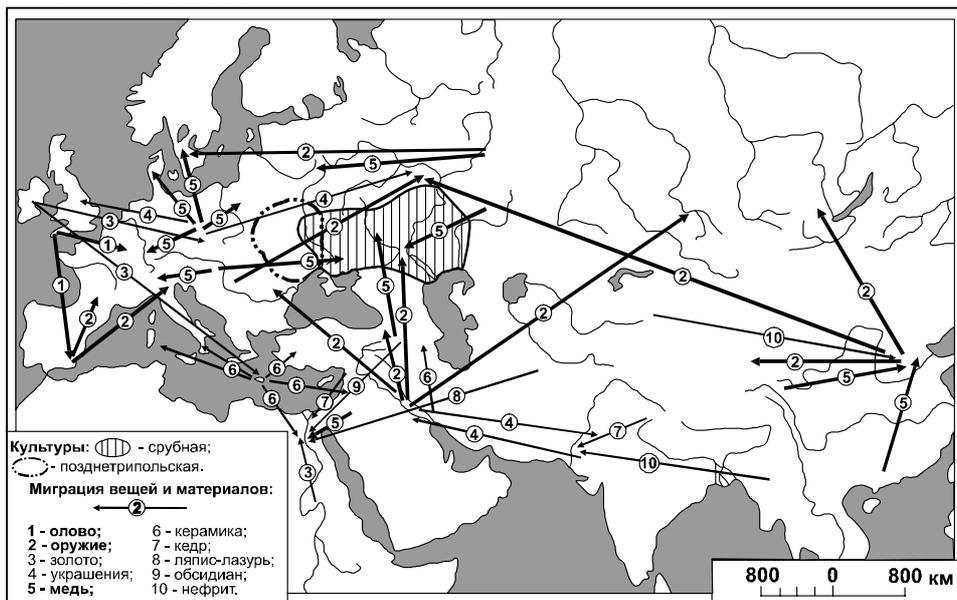


Рис. 3. Схема некоторых археологических культур в бронзовом веке и путей межплеменного обмена [5]

Таблица 1

Общие сведения о верхнедевонских базальтах юго-востока Воронежской антеклизы [14]

Наименование площади	Площадь, км ²	Глубина залегания от поверхности, м		Мощность базальтов, м			Объем базальтов, млн. м ³	Количество скважин
		от	до	от	до	средняя		
Мамоновская	612,0	13,0	203,0	0,2	74,1	19,1	11689	161
Казанская	63,0	188,0	372,5	11,0	32,2	23,4	1474	3
Калачеевская	210,0	113,4	238,0	1,1	32,0	15,7	3297	4
Мигулинская	375,0	335,0	408,0	15,0	76,3	35,7	13387	11
Советская	600,0	230,8	363,0	12,2	130,0	72,0	43200	4
Медведицкая (г. Фролов)	Неустановлено	988,0	1232,0	8,0	Неустановлено			2

практически одновременно на огромных территориях, где литосфера является утолщенной, а кора наиболее консолидированной [13], его активизация отмечается на платформах неоднократно, и каждый импульс протекает в геологически короткое время. Вероятней всего, данный процесс отражает коллизионные события на границах литосферных плит, в состав которых входят древние платформы, что приводит к растрескиванию хрупкой коры платформ (отраженная активизация). Начало магматической активности определяется заложением рассеянных рифтогенных структур и формированием пассивных мантийных диапиров определяющих базальтовые выплавки, отмирающие с исчезновением растягивающих напряжений [13]. На юго-востоке Воронежской антеклизы, где отмечены интенсивные проявления разновозрастных трапповых формаций, более ранние вулканы ястребовского горизонта верхнего девона щелочнобазальтовой субформации сменяются пространственно совмещенными трапповыми базальтами толеитового типа. Ястребовские вулканы (туфы, туффиты, туфолавы и туфобрекчи) характеризуются закономерной сменой пород основного состава в основании толщи, распространенными локально средними и кислыми разностями. Они по простиранию переходят через туфогенные песчаники и алевролиты в вулканомиктовые осадочные породы с ильменитовой "россыпной" минерализацией. Более широко по площади ястребовские образования развиты в юго-восточном борту Павловского выступа и сравнительно редко в эрозионных останцах южной площади Аннинского поднятия.

В петинское время (D_3pt) нового цикла активизации в юго-восточной части Воронежской антеклизы происходит излияние толеитовых базальтов трапповой формации, реликты которой выделяются в настоящее время на пяти площадях (табл.1, рис.1,2): Мамоновской, Калачеевской, Казанской, Мигулинской и Советской [14]. Три последние тяготеют к единому линейному полю развития толеитовых базальтов с каналами трещинно-лавового и эксплозивно-трубчатого типа, контролируемого Мигулинско-Новохоперской зоной глубинного разлома субмеридионального простирания (рис.2) В пределах более изученной Мамоновской площади выделяются [14] до 4 потоков толеитовых базальтов, почти не различающихся по химическому составу. Бли-

зость химического состава базальтов отмечена [14] и на различных площадях их развития.

Зафиксированные два цикла вулканизма в ястребовское и петинское время верхнего девона в сближенных по времени проявления и по площади участках повышенной проницаемости фундамента платформы в узлах зон фанерозойской активизации свидетельствуют о закономерной эволюционной смене проявления вулканизма щелочнобазальтовой субформации на толеитовую фазу базальтов трапповой формации из единого магматического очага с глубинной дифференциацией и возможными ассимиляционными процессами в сиалической коре на более раннем цикле.

Повышенное содержание MgO , пониженное суммы щелочей и высокое содержание скандия и меди [15] (по меди [16] аналогичные аномальным концентрациям базальтов Декана) указывают на ярко выраженную индивидуальность исходной магмы и зарождении ее на больших глубинах (табл.2). Обращает на себя внимание факт пространственной совмещенности сближенной группы никеленосных мафит-ультрамафитовых интрузий мамонского комплекса (Мамон-Подколдновский рудный узел, интрузия Липов Куст с Пионерским рудопроявлением в Ростовской области) с площадями базальтовых покровов верхнего девона (рис.2).

Тектоническая активизация разнонаправленных блоковых движений бортов Воронежской антеклизы на различных возрастных уровнях геодинамической эволюции этой части Восточно-Европейской платформы от докембрийских этапов (ранний карелий) до неотектонических, отмечена большим рядом работ исследователей геологии и минерагии региона [3,17,18,19]. При этом, что важно отметить, скорость восходящих фаз ускорения движений отдельных блоков в девоне данной части Русской платформы оценивается до 12 см/год [19].

Спецификой структурной позиции для рассматриваемой области развития вулканогенно-осадочных и вулканогенных обломочных пород щелочнобазальтовой субформации (D_3js) и трапповых толеитовых базальтов (предположительно центрального и трещинно-линейного типов) верхнего девона (D_3pt) в восточном борту Павловского выступа докембрийских образований (с абсолютными отметками поверхности от 0 до +50 м), а также в зо-

Таблица 2

Средние составы главных (масс. %) и содержание редких и рудных элементов (г/т) в базальтах различных районов мира [13, 14, 15]

Компоненты	1	2	3	4	5
кол-во анализов	208	454	51	21	45
SiO ₂	47,64	49,18	49,86	46,16	44,9
TiO ₂	1,27	2,30	1,65	3,39	4,32
Al ₂ O ₃	14,92	13,73	14,67	14,61	13,17
Fe ₂ O ₃	-	4,95	6,05	6,85	8,06
FeO	11,61	8,29	5,94	7,55	6,59
MnO	0,19	0,20	0,09	0,14	0,19
MgO	7,22	6,55	8,25	7,68	7,52
CaO	10,63	10,04	11,71	7,3	10,18
Na ₂ O	2,24	2,42	1,54	2,75	2,33
K ₂ O	0,37	0,47	0,08	2,43	2,11
P ₂ O ₅	0,14	0,28	0,15	0,69	0,53
H ₂ O	-	1,59	-	-	-
S _{общ}	0,03	-	-	-	-
п.п.п.	2,73	-	-	-	-
Элемент	1	2	3	4	5
Sc	37(45)	37(142)	59 (22)	36	33
V	337(50)	372(207)	259 (22)	270	325
Cr	183(50)	228(184)	185 (22)	320	251
Ni	130(50)	117(285)	84 (22)	166	127
Cu	160(50)	205(201)	206 (22)	69	90
Rb	5,0(48)	12,3(256)	не опр.	440	341
Zr	153(45)	164(314)	80 (22)	330	343
Nb	4,0(8)	17(119)	9 (22)	58	70
Ta	0,5(8)	1,5(8)	0,7 (22)	7	6
Pb	10,5(42)	3,0(95)	5 (22)	9	9

Примечание: 1 – Сибирская платформа, Норильский район [13]; 2 – траппы плато Декана [13]; 3 – толеитовые базальты юго-востока Воронежской антеклизы (средний состав дан без пп, в пересчете на 100%; [14]); 4 – оливиновые и щелочные базальты Припьятского и Днепровского грабенов [15]; 5 – анкармиты, оливиновые и щелочные базальты Волновахского района [15].

не Новохоперско-Мигулинского субмеридианально-го разлома (рис.2), является закономерная пространственная приуроченность верхнедевонских вулканитов к узлам пересечения глубинных (фрагментарно активизированных) разломов и структурных "плечевых" зон фанерозойской активизации в северном борту Днепровско-Донецкого авлакогена и западного обрамления Прикаспийской впадины (рис.2).

Часть зон активизации носит отчетливый характер наиболее молодых неотектонических структур: Павловско-Богучарский сегмент Лосевско-Мамоновского глубинного разлома, Вешенско-Серафимовичский прогиб, Усть-Бузулукское поднятие, Хоперско-Борисоглебская структурная зона западной границы Окско-Донской впадины [18]. В пределах этих структур наиболее активно проявлялись многократные процессы размыва и переотложения образований палеозоя и мезо-кайнозоя, включая рудогенно-специализированные горизонты на золото, медь, ильменитовые руды в вулканогенных песчаниках ястребовского горизонта.

Характеристика проявлений меди в регионе

Песчано-каолиновая толща (D₃mm) с размывом залегает на разновозрастных породах – от образований докембрийского яруса (AR-K₁) до осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканогенных по-

род верхнего девона. В пестроцветных, часто железных песчано-гравийных отложениях в подошве толщи (D₃mm) в районе с. Подколдовка на юге Воронежской области в ряде скважин, в участках перекрытия ею толеитовых базальтов трапповой формации, ранее установлено [3] рудопроявление сульфидов меди (Cu = 0,3-1,0%), с примесью никеля (до 0,45%), мышьяка (≤0,1%), кобальта (до 0,04%) в "медистых" полевошпатово-кварцевых песчаниках с сульфидно-карбонатным цементом. Среди сульфидов были установлены: бравоит и пирит (55-60%), халькопирит (25-30%) и арсенопирит (10-12%). Халькопирит слагает аллотриоморфные агрегаты (0,1-3,0 мм) и тонкие (до 0,2 мм) прожилки. Наблюдается замещение халькопиритом бравоита и пирита. Авторами высказано суждение об осадочно-инфильтрационном генезисе данного рудопроявления меди и пространственной ее связи с докембрийскими никеленосными интрузиями, как источником выноса меди и никеля [3].

Самородная медь установлена в этом же районе при микроскопическом изучении керн скважины № 227^a, вскрывающей разрез вулканогенных, вулканогенно-осадочных пород (D₃js) и базальтов трапповой формации (D₃pt) на восточном фланге Юбилейного месторождения сульфидных медно-никелевых руд в нижнепротерозойских ультрамафитах мамонского комплекса (рис.4,5). Слабо сцемен-

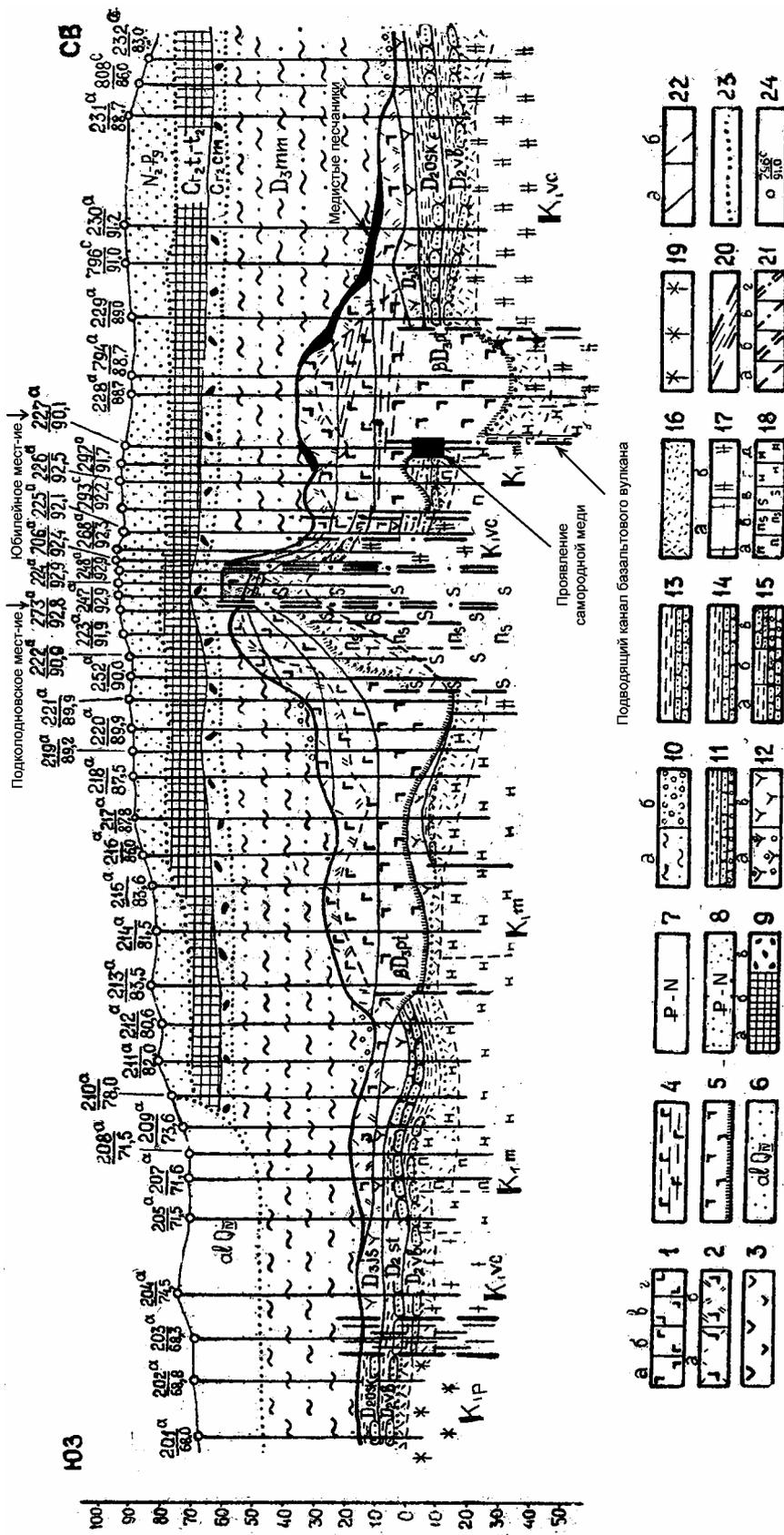


Рис. 5. Схематический геологический разрез по линии V-V лавового поля подколдовского вулкана (по [14] с дополнениями): 1 – базальты I фазы излияния петлинского возраста (D₂р1); а – 1-й покров, б – 2-ой покров, в – 3-й покров, г – 4-й покров; 2 – кора выветривания базальтов; а – железисто-каолиновая, б – железистая; 3 – туфы и лавобрекчи основного состава; 4 – плитчатые базальты верхних зон покровов; 5 – хлоритизированные базальты донной части 1-го покрова; 6 – песчано-глинистые породы четвертичного возраста (Q); 7–8 – пески неогенового и палеогенового возраста; 9 – верхнемеловые отложения; а – мел, сурка туронского яруса (Сг₁-t₂), б – мел сантонского яруса (Сг₂-st); 10 – образования мамонской песчано-каолиновой толщи (D₂рт); а – пески, песчанки, глины каолиновые, б – конгломераты и галечники с обломками выветрелых базальтов; 11 – алевролиты аргиллиты, песчанки, конгломераты петлинского возраста (D₂р1); 12 – вулканокластические и вулканогенно-осадочные образования ястребовского горизонта (D₂js); а – околожерловая фациальная зона; б – промежуточная зона; 13 – песчанки и аргиллиты старососкольского подгоризонта (D₂st) 14 – песчанки и аргиллиты воробьевского горизонта (D₂vb); 15 – литологические знаки осадочных горизонтов среднего и верхнего девона; а – аргиллиты, б – алевролиты аргиллиты, в – песчанки мелкозернистые, г – песчанки среднезернистые д – песчанки крупнозернистые и грубозернистые, е – галечники и конгломераты; 16 – кора выветривания докембрийских пород; 17 – образование воронцовской метаморфической серии раннего карелия (К₁vc); а – метапесчанки, фшллитовидные, кварцево-углисто-графитовые сланцы, б – биолито-мусковито-кварцевые анейсы; 18 – магматические породы мамонского интрузивного комплекса (К₁т); а – перидотиты, б – перидотиты серпентинизированные, в – серпентиниты, г – габбро, д – габбро-перидотиты; 19 – гранодиорито-гнейсы, гранитоидно-павловского комплекса (К₁р); 20 – Лосевско-Мамонская зона разломов; 21 – разломные нарушения; а – проявившиеся до излияния базальтовых лав, б – проявившиеся в основном в моменты излияния базальтовых лав, в – проявившиеся до и после излияния базальтовых лав, г – проявившиеся до и после излияния базальтовых лав, контролирующее положение вулканических аппаратов; 22 – контактные породы; а – установленные, б – предполагаемые; 23 – крупные стратиграфические несогласия; 24 – номер скважины и абсолютная отметка устья

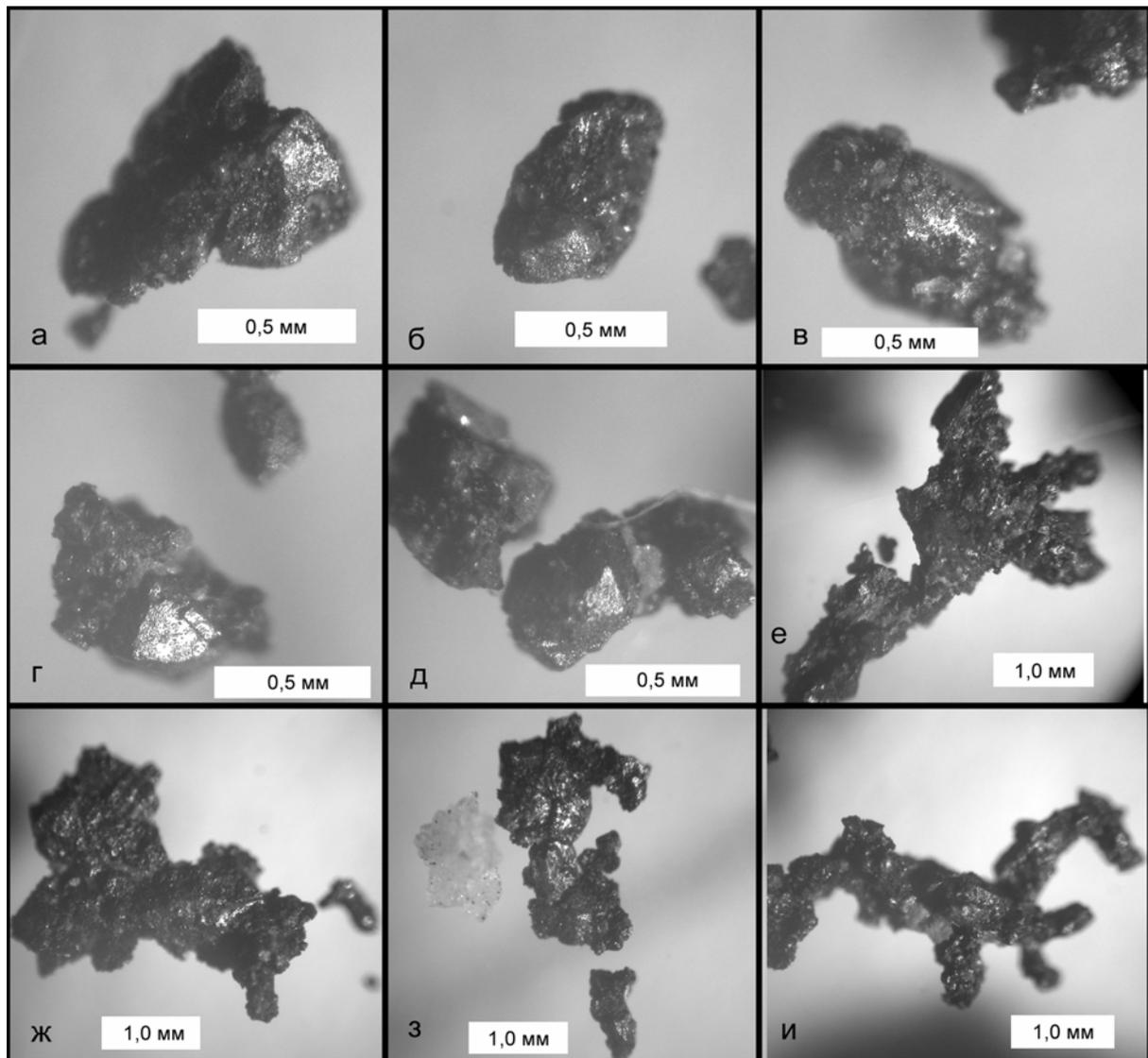


Рис. 6. Кристаллы и дендриты самородной меди (скважина 227^а, интервал 90,2-91,8 м). *Примечание: а-д – кристаллы; е-и – дендриты*

ков кварц-полевошпатовой породы, альбитофира (с расплывчатыми контурами двусного отрицательного альбита). Цементирующая масса изотропная желтой окраски с тончайшей примесью рудной пыли, мельчайших зерен кварца и чешуек слюды, поляризующих свет. В отдельных участках наблюдается флюидальность цемента. Основная масса окрашена гидроокислами железа в темно-ржаво-бурый цвет.

Проявление трещинной минерализации самородной меди отчетливо носит характер наложенного оруденения на описанный латеритизированный горизонт вулканогенно-осадочных пород.

В условиях наблюдаемого по разрезу перекрытия рудного горизонта брекчированными базальтами нижнего покрова по И.Н. Быкову [14], можно утверждать о петинском возрасте данного типа эпигенетического проявления медного оруденения с учетом его трещинно-сколового контроля, отмеченного выше.

Известно [3,14], что широко развитые на юго-востоке Воронежской антеклизы толеитовые базаль-

ты, несогласно залегают на сложной размытой поверхности образований горизонтов верхнего девона – осадочных пород нижнешигровского горизонта, вулканогенных и осадочно-вулканогенных образований ястребовского горизонта (D_{3j}s), на осадочных породах старооскольского или ардаатовского горизонтов среднего девона или непосредственно на породах докембрийского фундамента. Следует отметить, что наличие локальных аномальных участков по меди в самих базальтах всех выделенных площадей [14] предшествующими исследователями [3,14] не отмечалась. Вместе с тем, в целом средний состав мамонских толеитовых базальтов характеризуется значительным региональным повышением содержания в них меди (табл.2). Эволюция зон активизации на юго-востоке антеклизы с развитием вулканических построек палеозойских базальтоидов в петинское время верхнего девона, несомненно, определили структурно-генетическую позицию размещения рудопроявлений меди в перекрывающих осадочных породах [3] и подстилающих вулканитах.

Таблица 3

Дебаграмма №2769/2771 Fe-изл. (на Fe катод), напряжение 35 Кв. Ток 16 мА

Самородная Cu			Самородная Cu [20]		[21]
№№ линий	Y	$d_a, \text{Å}$	Y	$d_a, \text{Å}$	
1	1	2,469			
2	5	(2,296)			
3	10	2,080	10	2,09	2,0851
4	4	(1,985)			
5	8	1,803	6	1,810	1,8060
6	3	(1,407)			
7	8	1,277	4	1,279	1,2762
8	3	(1,200)			
9	1	(1,150)			
10	10	1,088	5	1,090	1,0887
11	5	1,044	2	1,044	1,0419
12	2	1,041			

Проведенные рентгеноструктурные исследования самородной меди из керна скважины № 227^a выполнены в лаборатории ИГЕМ РАН (А.Д. Генкин). Полученные сведения по двум дебаграммам кристаллических и дендритовых форм меди оказались абсолютно идентичными. В связи с этим рентгенограмма приведена лишь для анализа кристаллической самородной меди (табл.3). Спектральный полуколичественный анализ на приборе ДФС-13 монофракции самородной меди (скважина 227^a глубина 90,2-91,8 м) обнаружил присутствие следующих элементов-примесей (%): Ag – 0,1; As – 0,01; Zn – 0,06. Золото спектрохимическим анализом в породе не установлено. Содержание меди в руде составило более 1,0% (по данным спектрального полуколичественного анализа в лаборатории ГПП "Воронежгеология", аналитик Г.М. Силанов).

Возможный процесс эволюции рудообразующей системы связан с формированием ореола меди при воздействии низкотемпературных гидротермальных растворов и дренажа эндогенных эксгалиационных флюидов, обогащенных медью при наличии в фактическом разрезе тесного пространственного и объемного структурно-тектонического сонахождения в исследуемом районе ореолов "медистых песчаников" [3], проявлений самородной меди и геохимических аномалий никеля и меди [22] в образованиях осадочного чехла, а также сульфидных медно-никелевых руд в ультрамафитах мамонского комплекса в докембрийском структурном ярусе [3]. Стартовым элементом в роли активизации системы рудогенеза меди в палеозое был процесс базальтоидного вулканизма.

Условия рудогенеза самородной меди могут рассматриваться в нескольких вариантах:

1. Диагенетическая дегазация зоны брекчированных толеитовых базальтов в подошве потока, с сорбцией восстанавливаемой меди из сульфатного раствора в обогащенной соединениями железа латеритной коре выветривания литокластических катаклазированных туфов кислого состава ястребовского горизонта.

2. Более вероятной является предполагаемая модель концентрации самородной меди из эндоген-

ных медьсодержащих растворов и флюидов в борту подводящего канала остывающих базальтов тела трубчатого типа, с осаждением меди в латеритизированном и брекчированном туфе кислого состава в подошве покрова толеитовых базальтов. Источником обогащения медью сульфатных растворов в данном случае могут быть комплексные медно-никелевые руды мамонского комплекса Подколотовского и Юбилейного месторождений (рис.5). Интересно в этой связи отметить, что в процессе комплексации литохимического метода поисков по формам нахождения элементов (МПФ) и электро-разведочного метода зондирования становлением тока (ЗСТ) [22] на Юбилейном месторождении сульфидных медно-никелевых руд, восточнее выявленной бурением (скважина 227^a) рудной зоны, на границе вмещающей толщи и габброидов выявлена перспективная полиэлементная (Ni, Cu, Pb) аномалия шириной до 300 м, где отмеченная контрастность составляет: по никелю – 6, по меди – 2,4, по свинцу – 0,8. По данным ЗСТ здесь же фиксируется максимум суммарной и кажущейся суммарной проводимости.

Знаменательно, что в северной части отмеченной зоны (рис.7) в базальном горизонте песчаногравийной толщи (D₃mm) в скважине 242^a (глубина 68,5 м) по авторскому химическому анализу (табл.4) содержание меди достигает 1,41%, никеля – 0,01%, кобальта 0,0035% (лаборатория ГПП "Воронежгеология", аналитик Е.С. Львова).

К настоящему времени в мире известно более 30 областей развития базальтов, в которых отмечаются рудопроявления меди [16]. В наиболее изученных ореолах развития толеитовых базальтов плато Декана (Индия) в районе Сагар (базальты Деваляри) отмечено [16] до 20 мелких проявлений самородной меди, халькопирита и малахита. В трапповой протерозойско-мезозойской толще Занскар штата Кашмир также обнаружен [16] ряд проявлений самородной меди, в которых описаны медные конкреции весом до 10 кг. Кстати, любопытно отметить, что на языке лохадии "Занскар" означает "медный фронт".

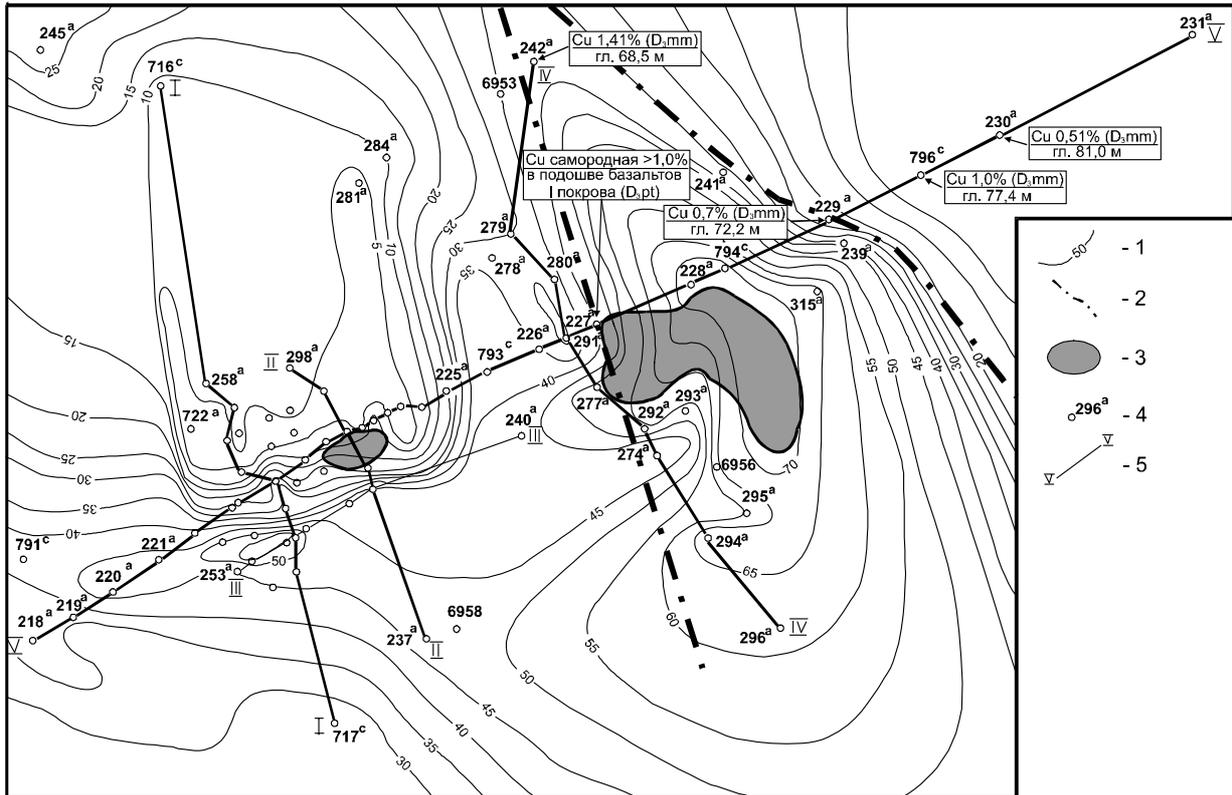


Рис. 7. Схематическая карта мощностей базальтов Подколodновского-Юбилейного лавового поля (по [14]) и выявленные концентрации меди: 1 - изолинии мощностей базальтов; 2 – тектонические нарушения; 3 – жерловая часть вулканической постройки; 4 – скважина и ее номер; 5 – геологические разрезы: I-I, II-II – через Подколodновское месторождение медно-никелевых руд; IV-IV – продольный разрез по Юбилейному месторождению медно-никелевых руд; V-V – вкрест двух месторождений

Таблица 4

Данные спектрального и химического анализов "медистых" песчаников (D_{3mm}) юбилейного участка (юго-восток Воронежской антеклизы) (мас. %)

№	скважина/ глубина, м	Ni	Co	Cu	Cr	Ti	V	Mn	Pb	Zn	Mo	Sn	Zr	Ag	Ba	Hg	P	Cd
1	229 ^a /72,2	0,45	0,04	0,7	-	0,003	0,0016	0,02	0,018	0,002	0,001	-	0,2	0,001	0,01	0,01	0,3	0,01
2	230 ^a /81,0	0,001	след	0,3	0,0015	0,007	0,001	0,035	0,001	-	след	след	0,03	-	-	-	след	-
3	796 ^a /77,4	0,01	0,004	1,0	след	0,07	0,001	0,08	0,001	0,007	-	-	0,2	0,001	0,01	-	0,03	-
4	242 ^a /68,5	0,01	0,0035	1,41														
5	230 ^a /81,0	0,035	0,015	0,51														

Примечание: 1-3 - спектральный полуколичественный анализ (лаборатория ЦЧГЭ, аналитик Г.М. Силанов); 4,5 – химический анализ (лаборатория ГПП "Воронежгеология", аналитик Е.С. Львова)

Александр [16] отмечает для траппов Декана характерность проявлений меди в пузырьчатых, шлаковых, трубообразных, трещиноватых и брекчированных частях трапповых тел с пепловыми слоями, цеолитизированными участками. Пятна малахита с типичной вторичной минерализацией в породе ("зеленая земля") часто служат индикатором значительной концентрации меди в пределах лавовой толщи.

Экскурс к истории металлургии эпохи бронзы

Первые попытки [23] выплавки меди в Восточной Европе из медной "зелени", "сини" или из руд "медистых" песчаников относятся к началу II или даже концу III тысячелетия до н.э. на Урале, Приуралье, включая Прикамье, бассейны р. Белой и

части среднего течения р. Волги (пермские "медистые" песчаники). Первыми открывателями медных руд были рудознатцы скотоводы-кочевники, которые находили по ярко окрашенным выходам зоны окисления сульфидов меди и самородки меди.

Извлечение самородной меди из кусков плотной медной руды с помощью огня привело к появлению технологии выплавки меди из руды. В Европе неолит с использованием орудий труда из камня кончается в III-II тысячелетиях до н.э. В медно-каменном веке (энеолит или хальколит) была освоена плавка меди [23]; II тысячелетие до н.э. - наступил бронзовый век, а с XIV века до н.э. начался железный век.

Наиболее ранние разработки меди в Европе имели место в древних греческих государствах – около 2800 лет до н.э. [23], а первая бронза была

получена народностями Малой Азии. В целом же в Европе, включая Причерноморье и Северный Кавказ культура медно-каменного века более широко распространилась около 1700 лет до н.э, а в регионах современной России – в бассейнах рек Среднего Урала, Камы, Вятки, Ветлуги, Оки, Средней Волги около 1400 лет до н.э. Более широко медь стала использоваться степными племенами в связи с разработкой руд в районе Бахмута [23].

Границы медно-каменного, бронзового и железного веков определены в абсолютном возрасте применительно лишь к ойкумене ("цивилизированному миру") [23], т.е. в основном для стран восточной части Средиземного моря и Передней Азии, здесь эпоха бронзы началась по разным оценкам на 1000-500 лет раньше.

В Северной Америке медно-каменный век был сравнительно надолго затянут, так В.И. Вернадский сообщает [24]: "В начале XVIII века, до организации больших северных компаний, занимающихся добычей мехов, медь имела на севере, в теперешней Канаде и Соединенных Штатах, еще большое значение и являлась единственным металлом, известным жившему тогда там человеку". Эта медь была самородной и добывалась из аллювиальных песков Медной реки, впадающей в Тихий океан, и Меднорудной реки, впадающей в Северный Ледовитый океан. Европейцы, первыми вышедшие на берега этих рек, оказались в эпохе подлинного медно-каменного века.

Позднее в этом регионе Северной Америки (штат Мичиган) установлено крупнейшее месторождение самородной меди в генетической связи с зонами активизации нижнепротерозойских базальтовых лав на южном берегу оз. Верхнего на полуострове Кавино. В древности самородную медь в этом регионе добывали индейцы – дакоты и гуроны. Здесь был встречен один из самых крупных самородков меди в мире [25] – 13,7 x 6,7 x 9,4 м размером и массой 420 тонн. Генетически в районе Верхнего Озера предполагается механизм восстановления меди из сульфатных медьсодержащих растворов железом: $CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$.

Исследование территории бассейнов рек Днестр, Дон, Волга показывает широкое использование местными племенами медных изделий. По сообщению А.З. Винникова и А.Т. Синюка [10] "все металлические изделия из абашевских памятников сделаны из меди, добывавшейся на восточных от Дона территориях, и ни в одном случае не найдено изделий из бронзы кавказского происхождения, какими пользовались катакомбные племена".

Лишь ближе к середине II тысячелетия до н.э. на позднем этапе развития местных катакомбных племен, частично происходит соединение традиций катакомбной и абашевской культур. Именно тогда на громадных пространствах Европы, включая и Средний Дон, формируется новое объединение племен, получивших название "срубных" – по устройству древних срубов в могильных ямах [10].

Далее те же исследователи [10] утверждают, что "бронзовые изделия срубных племен изготовлены из сырья, добывающегося в Волжско-Уральском регионе, то есть прежние связи с Кавказом были прерваны".

При раскопах памятника-поселка срубных металлургов у с. Мосоловка на реке Битюг в Аннинском районе Воронежской области (руководили раскопом археологи Воронежского госуниверситета В.И. Сагайдак, а позднее А.Д. Пряхин) обнаружено несколько мастерских по производству литьем разного рода медных и бронзовых изделий: вислобушных топоров, серпов, косарей, ножей, плоских топоров-тесел, наконечников копья. Здесь также установлены многочисленные находки литейных форм и плавильных чаш, глиняная посуда, изделия из кремня, кости, ряд каменных орудий труда, большинство из которых [6] имеет горнометаллургическое назначение, преимущественно связанное с дроблением руды (каменные песты и молоты). Кроме того, обнаружены орудия кузнечной обработки металлических предметов, кусочки шлаков, медной руды, выплески металла [6,9,10].

Оценивая значение открытий археологов на Мосоловском поселении, А.Д. Пряхин подчеркивает [6], "что речь идет о поселке металлургов-литейщиков, давшим свидетельства производственной деятельности, не только количественно, но и качественно превосходящие то, что было известно до сих пор по Евразийской металлургической провинции эпохи поздней бронзы".

Мосоловский производственный комплекс с общей направленностью в области металлообработки [8] и с чертами внутренней специализации ремесленников по литью и металлообработке бронзовых изделий отдельных видов орудий труда, инвентаря или оружия (топоры, серпы) или заготовки для украшений [8] образовывали ремесленный клан, куда входили мастера с семьями, члены которых участвовали в производстве с передачей опыта по наследству.

Размах производственного комплекса обслуживал потребности широкой округи, которая принадлежала не одному племени, а племенному союзу [10]. В реализации продукции основную роль играл обмен, возможно, с поселениями срубной культурно-исторической общности не только смежных, а и удаленных районов степной и лесостепной зон Восточной Европы, включая бассейны Дона, Донца, Волги и Южного Урала. Высказываются предположения [10], что "на Дон могли попадать не только готовые бронзовые изделия, но и сырье из юго-западных районов Донецкого бассейна". Следует отметить заключение А.Д. Пряхина и соавторов [7], о наличии материалов, свидетельствующих о "собственной металлообработке, а в какой-то степени, и металлургии у доно-волжских абашевцев, особенно в свете фиксации данной культуры в районе рудопроявлений меди Донецкого кряжа".

Подводя итог приведенного обзора мнений археологов о сырьевой базе медных руд для металлургии от начальных периодов энеолита, последовательно сменявшихся катакомбных племен, представителей собственно абашевской культуры, доново-волжских абашевцев и, наконец, объединения металлургов срубных племен эпохи поздней бронзы лесостепной зоны в бассейне Среднего Дона, по представлениям большинства специалистов последние не имели местной сырьевой базы [5,6,7,9,10,11,12], а использовали полуфабрикаты или привозные руды из районов Волго-Уральского региона, Заволжья, Кавказа или Донецкого Кряжа. Бронзовые изделия (втульчатые топоры, кельты и серпы-косари) из песчаной дюны близ г. Богучар и села Терешково (Терешковский клад) и ряд аналогичных находок кельтов в Воронежской области у сел Гремячье, Рудкино, Репьевка, Старая Калитва и в Липецкой области у города Задонска в самом конце эпохи бронзы, увязываются [10] также с северопрichernоморским очагом металлообработки, появившимся на территории Дона. Интересно, что в той же площади песчаных дюн долины р.Дон раскопаны (1989 г.) остатки плавильной печи, шлаки, сосуды и другие изделия [10]. А не является ли этот памятник началом открытия нового центра металлургии, действительно с признаками причерноморского типа металлообработки, но представляющего собой не клад, а поселение племени ремесленников эпохи поздней бронзы с местной сырьевой базой в рассматриваемом регионе с учетом реальных находок сульфидных и самородных проявлений в южном борту Павловского выступа (рис.2), где они возможно могли быть доступны для добычи в естественных обнажениях?!

Металлографический и спектральный анализы образцов продукции и сырья Мосоловского поселения металлургов и литейщиков были проведены в лаборатории естественнонаучных методов ИА АН СССР. Изучено 55 предметов [12] из меди или сплавов на медной основе, и лишь один серебряный предмет. Основу коллекции составляют орудия и металлургическое сырье (соответственно 22 и 24 анализа), а также украшения, составляющие шестую часть (9 анализов). Основной металлургической группой (рис.8) является металлургически чистая медь (34 анализа или 61,8% от общего количества), а доля второй группы изделий из оловянных и мышьяковистых бронз сравнительно мала (рис.8).

Аналитически изученные изделия Мосоловского поселения изготавливали по двум вариантам технологических схем [11]: I – литье с незначительной доработкой всего корпуса изделия (степени обжата 40-50%) и более существенной ковкой рабочей части (степени обжата 50-70%); II – формообразующаяковка изделий (степень обжата 70-100%), где в качестве сырья использовался литой металл, не связанный с конечной формой изделия (например, полоса, отрезанная от уплощенного

слитка, полностью переработанная ковкой). Чаще использовался второй вариант технологии (рис.8).

В Мосоловском поселении применялись свои устойчивые и стабильные приемы и навыки металлообработки [11] – использование металлургически "чистой" меди, изготовление орудий труда, оружия сложных форм литьем, кузнечную формовку мелких орудий труда и украшений преимущественно холодной свободной или фигурной ковкой с промежуточным отжигом или неполной ковкой в низкотемпературных (300-500°C) режимах. Горячая доработка металла (с температурными интерваламиковки 600-800°C) производилась гораздо реже. При этом доля оловянных бронз в изделиях, а соответственно и потребность импорта добавок олова и, возможно мышьяка, были незначительны. Авторы исследований [11] образцов шлаков Мосоловского поселения делают вывод, что все образцы получены при выплавке металла из руды и представляют собой металлургический шлак.

Соотношение типов бронз в исследованной коллекции: оловянные бронзы (10 анализов или 18,2%), собственно мышьяковистые бронзы (7 анализов или 12,7% коллекции). Первые не являются геохимически однородными и, вероятно, имеют различное происхождение [12]. Вторые ассоциируются с химико-металлургической группой ВК (волжско-камской) или отождествляются по малой концентрации серебра [11] с химической группой ЕУ (еленовско-ушкатинской). Свообразие мышьяковистых бронз Мосоловского поселения проявилось еще в том [12], что здесь использовалась в количестве сырья – черновая медь, о чем свидетельствует очень высокое содержание железа (до 1-2%) и никеля (до 0,3-0,5%). Анализ концентраций элементов-примесей и зависимости между концентрациями некоторых примесей в изделиях из Мосоловского поселения не отвечает однозначно на вопрос о принадлежности сырьевой базы для металлургического производства к определенному региону и химическим группам. Исследователи [11,12] наиболее близкими называют Волго-Камскую группу (ВК), Закамский регион (при этом отмечается, что "около половины закамских изделий отлиты и откованы из медистых песчаников Приуралья (МП), в то время как большая часть мосоловского собрания представлены медью ВУ (Волго-Уральского региона), источники которой расположены восточнее Урала"). Очевидно, столь обширная география предполагаемых поступлений сырья или изделий из меди и бронзы в район Среднего Дона просто невероятна с учетом реальных условий транспортировки руды или изделий сухопутным путем на огромные расстояния с учетом сезонности года, наличием на пути больших и малых рек, применительно к небольшой численности населения племенных общин.

Свообразие мосоловского собрания с наиболее высокой долей в изделиях металлургически "чистой" меди, наличие местных рудопроявлений

		Металлургические группы				Всего
		Cu	Cu+Sn	Cu+As	Cu+As+Sb	
Варианты технологических схем	I	10	5		5	20
	II	5	5	5	5	10

Рис. 8. Распределение металлических изделий по металлургическим группам и вариантам технологических схем (по [11,12])

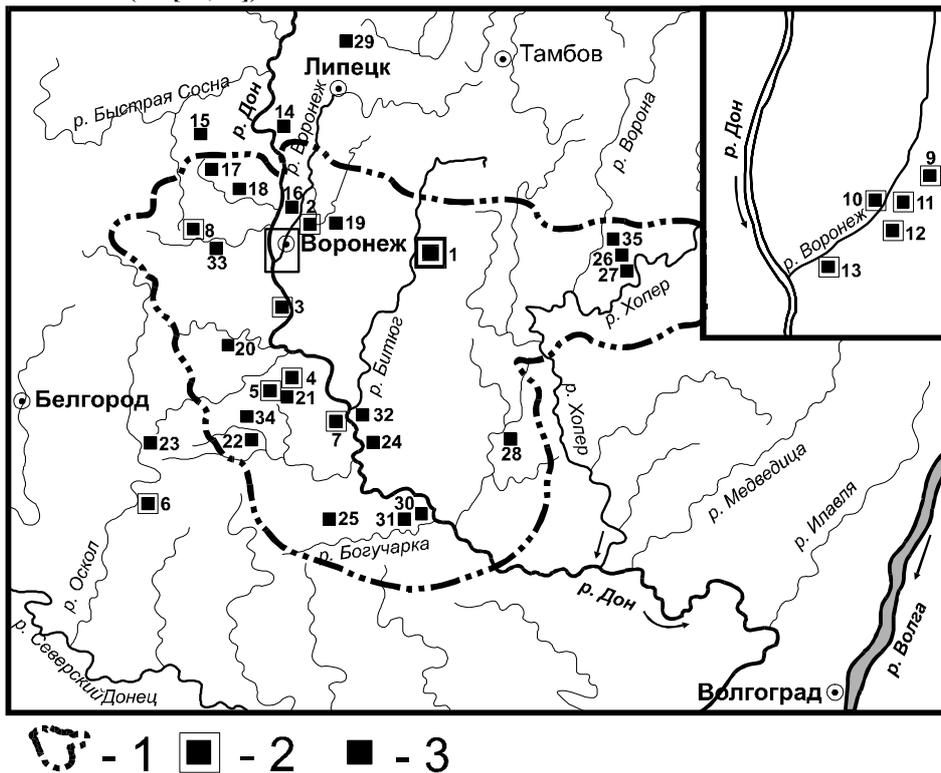


Рис. 9. Расположение основных археологических памятников эпохи бронзы лесостепной зоны бассейна Среднего Дона на основе схемы А.З. Винникова, А.Т. Синюк [10] с сокращениями: 1 – границы современной Воронежской области; 2 – поселения; 3 – курганы, могильники, святилища. Примечание: цифрами обозначены: 1-12 поселения (из них 9-13 на врезке); 1 – Мосоловское; 2 – Боровое; 3 – Борщевое; 4 – Маяцкое городище (крепость, селище и могильник); 5 – Колпанищенские стоянки; 6 – Шелавские стоянки; 7 – Верхнекарабутовское; 8 – Туровское; 9 – Университетские стоянки; 10 – Чижовские; 11 – Масловское; 12 – Шиловское; 13 – Тавровское; 14 – 34 – курганы, могильники, святилища; 14 – Введенский курган; 15 – Новосильский могильник; 16 – Чертовицкий могильник; 17 – Кондрашовский могильник; 18 – Староведугский могильник; 19 – Новоусманский могильник; 20 – Сасовские курганы; 21 – Стояновский могильник; 22 – Ольховатский могильник; 23 – курган Кубаева могила; 24 – Павловский могильник; 25 – Пасековский могильник; 26 – Ильменский могильник; 27 – Третьяковский могильник; 28 – Ширяевский могильник; 29 – Филатовский курган; 30 – Первый Богучарский могильник; 31 – Второй Богучарский могильник; 32 – Таганский могильник; 33 – Хохольский могильник; 34 – Караяшиниковский могильник; 35 – Власовский могильник

самородной меди и ряда сульфидных скоплений ее в породах песчано-каолиновой толщи (D_3mm) с характерным составом руды (табл.4), создают реальные геологические условия возможности переотложения скоплений медистых минералов в различных формах в осадках аллювия р. Дон и ее притоков. Это, в свою очередь, свидетельствует о предпосылках существования незначительной по ресурсному потенциалу местной сырьевой базы меди для развития металлургии эпохи поздней бронзы в лесостепной зоне Среднего Дона.

Заключение

Приведенный материал обосновывает мнение авторов, что исследуемый регион с большим количеством памятников эпохи бронзы (рис.9), в том числе детально изученного археологами крупного Мосоловского поселения металлургов эпохи поздней бронзы, в совокупности с прямыми геологическими критериями, обладает высокой возможностью наличия местных мелких рудопроявлений меди (включая самородную медь и медное оруденение

зоны окисления сульфидов меди в "медистых" песчаниках) в естественных обнажениях девона и аллювиальных отложениях реки Дон и его притоков (рр. Битюг, Толучеевка). Авторы убеждены, что добыча руды, выплавка и обработка металла находились в одних руках, а местоположение ремесленного кланового производства с определенным багажом опыта и знаний было связано с тем районом, где имеется местная руда и топливное сырье для печей.

С учетом изученности рудогенной осадочной чехлы региона Среднего Дона (а она, надо признать, достаточно неравномерна), можно обоснованно предполагать открытие древних рудоразработок меди в бортах долин рек Дона и Битюга в пределах Павловского антиклинального выступа.

Наиболее перспективной южной площадью новых геологических и археологических открытий представляется правобережье долины р. Дон на площади от сел В. Мамона и Осетровка до станции Вешинская, а также участок нижнего течения р. Толучеевка.

Сравнительно слабее изученным, но также потенциально перспективным на обнаружение небольших проявлений меди (в самородной, сульфидной форме и в виде железисто-медьсодержащих скоплений зон окисления) в пестроцветных песчано-гравийных аллювиальных отложениях является бассейн притока Дона - реки Битюг в пределах Аннинского поднятия к югу от Мосоловского поселения. Здесь в участках неотектонической активизации также имеются благоприятные критерии локализации (а соответственно, и обнаружения) повышенных концентраций меди в породах осадочной чехлы в пределах Аннинского узла нижнепротерозойских сульфидных медно-никелевых руд мамонского комплекса (Садовское и Восточно-Садовское рудопроявления) в сочетании с наличием частично эрозионно размывших площадей вулканогенно-осадочных и вулканогенных обломочных пород щелочнобазальтовой субформации ястребовского горизонта верхнего девона. Проявления толеитовых базальтов трапповой формации (в том числе в эксплозивных трубках типа Каменско-Садовской) на этих широтах известны в Новохоперском районе в Мигулинско-Новохоперской зоне (рис.2), таким образом структурно-геологическая обстановка данного района близка к таковой Павловско-Мамонско-Богучарской зоны активизации на юге области.

В заключение следует отметить - авторы не связывают потенциальное открытие новых рудопроявлений меди в фанерозойском платформенном чехле с оценкой промышленно значимых месторождений XXI века Воронежского региона, но убеждены в том, что их появление будет крайне ценно для развития археологической науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов Н.М., Молотков С.П. Некоторые особенности сульфидных медно-никелевых рудопроявлений юго-восточной части Воронежской антеклизы // Мате-

- риалы 3-го совещания по проблемам изучения Воронежской антеклизы. - Воронеж, 1966. - С. 67-76.
2. Молотков С.П. К вопросу магматизма и размещения базитов и гипербазитов юго-восточной части Воронежского кристаллического массива в связи с их никеленосностью // Сб. трудов молодых ученых геологического факультета Воронежского университета. - Воронеж. -1967. -С. 1-6.
3. Агейкин А.С., Чернышов Н.М., Молотков С.П., Буковшин В.В. Медная и никелевая минерализация в терригенных отложениях верхнего девона на юго-востоке Воронежской области // Советская геология. - №1. -1968. -С. 122-125.
4. Старицкий Ю.Г., Удалова А.А., Янова Е.О. и др. История развития и минерагения чехлы Русской платформы. -Л., 1981. -224 с.
5. Амальрик А.С., Монгайт А.Л. Что такое археология. Изд. 3. -М., 1966. -С. 157-160.
6. Пряхин А.Д. Мосоловское поселение эпохи поздней бронзы. -Воронеж, 1993. -106 с.
7. Пряхин А.Д., Беседин В.И., Захарова Е.Ю. и др. Донно-волжская абашевская культура. -Воронеж, 2001. - 172 с.
8. Пряхин А.Д., Саврасов А.С. Глиняные литейные формы с Мосоловского поселения металлургов-литейщиков // Межвузовский сб. научн. трудов "Поселения срубной общности". -Воронеж, 1989. -С. 39-80.
9. Винников А.З., Синюк А.Т. По дорогам минувших столетий. Археологи о древней истории Воронежского края // Земля Воронежская. Страницы истории. - Воронеж, 1990. - 319 с.
10. Винников А.З., Синюк А.Т. Дорогами тысячелетий. Археологи о древней истории Воронежского края. - Воронеж, 2003. - 280 с.
11. Рындина Н.В., Дегтярева А.Д. Результаты технологического исследования металлических изделий Мосоловского поселения // Межвузовский сб. научн. трудов "Поселения срубной общности". -Воронеж, 1989. -С. 14-39.
12. Черных Е.Н., Кузьминых С.В. Металл Мосоловского поселения (по данным спектрального анализа) // Межвузовский сб. научн. трудов "Поселения срубной общности". -Воронеж, 1989. -С. 5-14.
13. Альмухамедов А.И., Золотухин В.В. Основные проблемы траппового магматизма на примере Сибири и Декана // Траппы Сибири и Декана: черты сходства и различия. -Новосибирск, 1991. -С. 196-212.
14. Быков И.Н. Верхнедевонские базальты юго-восточной части Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1975. - 134 с.
15. Гладких В.С. Петрохимические и геохимические особенности щелочных оливиновых и толеитовых базальтов Восточно-Европейской платформы // Геология, петрология и металлогения магматических и осадочно-метаморфических комплексов Восточно-Европейской платформы. Т. II. -М., 1976. -С. 143-146.
16. Александр П.О. Медь в базальтах Декана // Траппы Сибири и Декана: черты сходства и различия. - Новосибирск, 1991. -С. 108-116.
17. Молотков С.П., Лосицкий В.И., Кривцов И.И., Молотков Д.С. Критерии выделения новой Воронежско-Липецкой площади, перспективной на алмазы кимберлитового типа. // Тезисы докладов регионального литологического совещания "Литология и полезные ископаемые Центральной России". -Воронеж. -2000. -С. 60-61.

18. Трегуб А.И., Жаворонкин О.В., Трегуб С.А., Старухин А.А. Новейшая структура Калачеевского поднятия в строении докембрийского фундамента Воронежской антеклизы // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. -2003. - №2. -С. 33-39.
19. Трегуб А.И., Ненахов В.М., Сиротин В.И. Модель геодинамического развития Русской платформы в палеозое // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. -1998. -№5. -С. 19-25.
20. Berry L.G., Thompson R.M. X-ray powder data for ore minerals // Geological Society of America. -Memoir 85. – 1962.
21. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. -М. -1957. -868 с.
22. Ермаков Ю.Н., Бондарева В.С. Комплексирование геохимических и геофизических методов на стадии поисков никелевых руд ВКМ // Прогнозирование и поиски рудных месторождений на Воронежском кристаллическом массиве -М., 1992. -С.79-84.
23. Максимов М.М. Истоки учения о рудных месторождениях. -М., 1973. -142 с.
24. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т.II. -М., 1955. -615 с.
25. Здорик Т.Б. Камень, рождающий металл. -М., 1984. - 190 с.

