



- **Содержание:**
- **СОЦИАЛЬНОЕ ПАРТНЕРСТВО**
- **SOCIAL PARTNERSHIP**
- IV Пленум ЦС ГМПР
- IV Plenum of CC of MMWU
- Профсоюзный вариант Отраслевого тарифного соглашения
- Trade Union variant of Sectoral Tariff Agreement
- **МЕТАЛЛУРГ-ИНФО**
- **METALLURGIST-INFO**
- События в цифрах и фактах.
- Подготовил **А.М.Неменов**
- Events in Figures and Facts.
- Prepared by **А.М.Nemenov**
- **НАУКА • ТЕХНИКА • ПРОИЗВОДСТВО**
- **SCIENCE • TECHNICS • PRODUCTION**
- **Кузин А.В.** Определение оптимальной крупности скипового кокса

- **Kuzin A.V.** Determination of optimal size of skip coke
- **Дуб В.С., Ромашкин А.Н., Мальгинов А.Н.** Основные тенденции развития технологии разливки стали в слитки
- **Doub V.S., Romashkin A.N., Malginov A.N.** Main trends in the development of technology for steel casting into ingots
- **Лебедев И.В., Анисимов К.Н., Тиняков В.В., Топтыгин А.М.** Ассимилирующие смеси для промежуточного ковша при разливке сталей, предназначенных для холодной прокатки
- **Lebedev I.V., Anisimov K.N., Tinyakov V.V., Toptygin A.M.** Assimilating mixtures for tundish at casting of steels for cold rolling
- **Чжоу Ш.** Исследование зарастания погружного стакана при непрерывной разливке нержавеющей стали RE-253MA
- **Zhou Sh.** Studies on clogging behaviors of nozzles during continuous casting of RE-253MA stainless steel
- **Бургманн В., Гёлер К.** Современные вакуумные насосы для вакуумирования стали в маленьких и крупных вакуумных установках
- **Burgmann W., Goehler K.** Modern mechanical vacuum pumps for steel degassing of smallest and largest melts
- **Цымбалист С.И., Чепрасов И.В., Коноплёв Р.А., Серёгин А.Н.** Выплавка ферросиликомарганца из нетрадиционного силикатно-оксидного марганцевого сырья
- **Symbalist S.I., Cheprasov I.V., Konoplev R.A., Seregin A.N.** Smelting of ferrosilicon manganese from nonconventional oxide-silicate manganese raw material
- О работе IX конгресса прокатчиков
- About work of IX congress of rollermen

- **Гугис Н.Н.** Состояние и основные направления развития прокатного производства в России в 2010–2012 гг.
- **Gugis N.N.** State and main trends of rolling development in Russia in 2010–2012
- **Красный А.Б., Палий И.Н., Григорьев А.А.** Эффективная футеровка подины нагревательной печи толкательного типа
- **Krasny A.B., Paliy I.N., Grigoriev A.A.** Effective lining of bottom of pushing-type heating furnace
- **Сидоров В.В., Подкопаева Л.А., Мин П.Г.** Применение ренийсодержащей лигатуры при выплавке монокристаллических высокожаропрочных никелевых сплавов
- **Sidorov V.V., Podkopaeva L.A., Min P.G.** Use of rhenium bearing alloy at smelting of single-crystal superduty nickel alloys
- **Онищенко Д.В., Рева В.П., Курявый В.Г., Петров В.В., Ким В.А.** Инновационная технология формирования твердого сплава Т15К6 с использованием аморфного углерода из возобновляемого растительного сырья
- **Onishchenko D.V., Reva V.P., Kuryavy V.G., Petrov V.V., Kim V.A.** Innovative technology of hard alloy T15K6 forming with using amorphous carbon from renewable vegetable raw material
- **Иванов Е.С., Ключев А.Л., Ларьков А.П.** Механизм защиты стали полимерным покрытием усиленного типа «Кортекор 867»
- **Ivanov E.S., Klyuev A.L., Larkov A.P.** Mechanism of steel protection by polymer coating of type "Kortecor 867"
- **Цветная металлургия**
- **Nonferrous metallurgy**
- **Вайс В., Квапилова И.** Оценка влияния температуры и времени гомогенизирующего отжига на микроструктуру сплава AlCu4MgMn с помощью электронной микроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа
- **Weiss V., Kvapilova I.** Assessment of the effect of temperature and annealing time homogenization AlCu4MgMn alloys in terms of microstructure image analysis methods and EDX
- **Богуславский А.Ю., Теляков А.Н., Сизяков В.М., Шмидт Д.В.** Условия отбора проб металлоконцентратов радиоэлектронного лома применительно к технологии окисления расплава с последующим анодным растворением
- **Boguslavsky A.Yu., Telyakov A.N., Sizyakov V.M., Shmidt D.V.** Sampling conditions of electronic scrap metal-concentrates in respect to technology of melt oxidation with following anodic dissolution
- **ИСТОРИЯ МЕТАЛЛУРГИИ**
- **HISTORY OF METALLURGY**
- **Купарадзе Д., Патаридзе Д.** Железные руды и легирование железа в Древней Грузии
- **Kuparadze D., Pataridze D.** Iron ores and alloying of iron in Ancient Georgia
- **КОНФЕРЕНЦИИ • СЕМИНАРЫ • ВЫСТАВКИ**
- **CONFERENCES • SEMINARS • EXHIBITIONS**
- Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика». 15-я Международная научно-практическая конференция
- Technology hardening, coating and repair – theory and practice. 15th International Research and Practice Conference
- Управление производственной экономикой и финансами в компаниях и на предприятиях горно-металлургического комплекса
- Management of production economics and finances in companies and enterprises of mining and metallurgical complex

ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ И ЛЕГИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ДРЕВНЕЙ ГРУЗИИ

Давид Купарадзе, д-р геол.-минер. наук; **Димитри Патаридзе**, д-р геол.-минер. наук
Кавказский Институт Минерального Сырья ТГУ. Грузия, Тбилиси

Территорию нынешней Грузии относят к числу наиболее крупных древнейших центров горно-металлургического производства, а некоторые ученые даже считают его родиной металлургии. Многочисленные археологические раскопки стоянок первобытного человека свидетельствуют о том, что еще в эпоху палеолита широко использовали такое минеральное сырье как кремень, базальт, обсидиан, андезит, яшма, халцедон, песчаники, известняки, глины и др. В дальнейшем здесь особое значение приобрело производство металлов: меди, золота, бронзы, серебра и железа.

Вопрос, на который по сегодняшний день нет однозначного ответа, – о рудной базе, которой пользовались древнекартвельские (грузинские) племена халибов, моссиников и тубаллов. По нашему мнению, типов и источников сырья могло быть несколько.

Во-первых, наиболее доступным сырьем, которое в прямом и в переносном смысле лежало на поверхности, были черноморские магнитные пески и пески бассейна р. Чорохи (Аджария), которые разрабатывали древние поселенцы. Важная роль района в развитии металлургии железа была обусловлена благоприятными природными и горно-геологическими условиями, крупными запасами и специфическим минералогическим составом песков. Из четырех основных рудообразующих минералов железа на территории Колхиды отмечено три – гематит, магнетит и лимонит. Магнитная фракция в песке достигает 23%, содержание железа 10–15%, изредка 20%. Ниже приведен усредненный химический состав черноморских песков из отобранных нами проб (пляжная полоса Кобулет, Григолет, Урки, Супса и Поты), мас. %: 50,6 SiO₂; 0,10 TiO; 11,5 Al₂O₃; 6,5 Fe₂O₃; 4,2 FeO; 0,26 P₂O₅; 0,24 MnO; 11,1

CaO; 6,1 MgO; 0,03 SO₃; 3,1 Na₂O; 1,7 K₂O; 0,018 Ni; 0,015 Co; 0,02 Zn; 0,02 Ag.

Исходя из анализа литературных данных и геологических соображений, именно из этих песков выплавлялось знаменитое халибское железо, которое (по Аристотелю) имело цвет серебра и считалось нержавеющей: «Рассказывают о совершенно особом происхождении железа халибского: оно образуется из песка, приносимого реками, песок этот промывают и плавят на огне или промывают несколько раз и потом плавят, прибавляя так называемый огнеупорный камень, коего много в их стране».

Высокая концентрация железоплавильных мастерских отмечена в районе среднего течения реки Чолоки, вблизи устья которой (северная окраина Кобулет), в приморской полосе, обнаружена большая группа предантичных поселений Колхиды, стоянки-поселения на приморской дюне и крупное городище VI–II вв. до н. э. Мастерские по выделке железа обнаружены также в бассейнах рек Хоби и Очхамури. Самая древняя из них относится к IX в. до н. э.

Во-вторых, немаловажную роль играла металлосная зона Малого Кавказа, и, в особенности, ее восточная часть, которая покрыта сетью рудных, в том числе и железорудных точек. Геологическое изучение этой рудной области показало высокую концентрацию как гематитовых (Чатахи, Маднис-цкаро и др.), так и марганцево-гематитовых месторождений (Тетри-Цкаро, Самшвилде, Маднис-Сери, Сошеби и др.). Здесь же имеются серноколчеданные, медные и полиметаллические месторождения с серебром. Вполне возможно, что древние металлурги при выплавке качественной стали пользовались также и марганцем. Впрочем такого же результата они могли достигать и простой выплавкой металла из

Усредненный химический состав гематитовых и марганцево-гематитовых руд, %

Месторасположение	SiO ₂	TiO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Ni	Co	Zn	Ag
Поладаури	22,8	0,37	5,7	56,0	8,80	0,14	0,11	0,6	1,7	сл.	0,9	0,1	0,025	0,009	0,020	0,005
Самшвилде	60,0	0,19	0,7	16,6	0,32	0,08	0,20	10,7	0,7	сл.	1,0	0,3	0,017	0,006	0,016	0,002

марганцево-гематитовых руд местных месторождений. Здесь же отметим, что Поладаурское (Чатахское) гематитовое месторождение являлось объектом промышленной эксплуатации с незапамятных времен и разрабатывалось вплоть до XX в. (см. таблицу).

На закартированной профессором К.Е. Габуния площади в 70 км² было зарегистрировано около 30 участков выхода руд и почти у каждого из них обнаружены следы древнейших горных выработок и выплавки железа. В целом, в южной Грузии обнаружено множество старых обвалившихся подземных горных выработок, вокруг которых наблюдается огромное количество шлаков.

В-третьих, в истории развития «грузинского» металлопроизводства, скорее всего, немаловажную роль играло Дзамское скарновое месторождение железа с медью и золотом (центральная часть Аджаро-Триалетской складчатой системы), в котором богатые массивные магнетитовые руды [1] резко преобладают над остальными типами руд. Основная часть рудных тел – магнетит с содержанием железа до 60%.

В-четвертых, вблизи месторождений и рудопроявлений железа Абхазии, Сванетии, Горной Самегрело, Рачи и Имерети также обнаружены древние металлургические мастерские [1].

Как известно, в Сванетии нет значимых месторождений магнитного железняка. Но таковые имеются в восточной части Горной Абхазии. В районе Санчара (на площади около 30 км²) имеется несколько выходов магнитного железняка, подчиненных кристаллическим мраморовидным известнякам. Месторождение содержит весьма чистую и богатую руду с четко выраженными магнитными свойствами. Несколько выходов руд аналогичного состава обнаружены в направлении Сванетии. Это сходство указывает на наличие в западной части Верхней Сванетии, на стыке Сванетии, Абхазии и Горной Самегрело месторождений магнетита с очень высоким содержанием (91–95%) железа.

Выплавка железа в Верхней Имерети осуществлялась в окрестностях селений Ткибули, Сацири, Очжола и Сормони, где и до настоящего времени сохранились небольшие месторождения бурого железняка и железной охры. Добыча руд производилась преимущественно из верхних горизонтов месторождений, а железо выплавлялось из бедных руд с содержанием железа не более 17%.

В сравнительно крупном масштабе было организовано железоделательное производство в Раче. Даже в XIX в. железо из местечка Цедиси



Рис. 1. Меч с железным лезвием и рукояткой из бронзы. Вторая половина второго тысячелетия. Цалка, Южная Грузия. Национальный Музей Грузии. Фото авторов

вывозилось как в другие районы Грузии, так и на Северный Кавказ. Рудная база была представлена месторождениями железного блеска, красного железняка и лимонита, которые залегали неправильными, различного размера гнездами, соединяющимися между собой тонкими жилами и прожилками. Преобладающую массу руды составлял красный железняк.

Многочисленные древние металлообрабатывающие мастерские разбросаны по всей территории современной Грузии. В них производили как оружие (рис. 1), так и высококачественную домашнюю утварь.

Основным легирующим элементом первых образцов стали был марганец. Его присутствие в железе было зафиксировано нами как в древних изделиях, так и в образцах стали выплавки конца XVIII – начала XIX вв. По рассказам местных жителей (с. Цедиси), при обработке железной руды мастер обязательно помещал в печь черный камень (марганцевая руда). Цедисское железо выплавлялось одновременно в нескольких горнах, подобных обыкновенным кузнечным горнам (без форм). Выход крицы не превышал 19–20% массы



Рис. 2. Рудопроявление Самшвилде. Фото Д. Купарадзе



Рис. 3. Меч. X–XI вв. н.э. Национальный музей Грузии. Фото авторов

исходной руды или примерно 15% массы чистого железа. Соотношение руды к углю – 1:4 [2].

Национальный музей Грузии передал нам для исследований несколько железных изделий и капли металла из раскопок древних мастерских (Боржомское ущелье, VII–VI в. до н.э.). В ходе спектроскопических исследований установлено, что помимо железа (95–98%), в исследуемых образцах содержится от 1,45 до 4,65% марганца, 0,18–0,31% серебра и 0,89–0,98% меди.

На наличие марганца нами были исследованы и руды Черноморского побережья Грузии, т.н. магнетитовые пески. Содержание MnO в них составляет: в районе селения Гонио 0,2%; Кобулети 0,3%; с. Григоleti 0,6% и около г. Поти 0,4%. Таким образом, железная руда (которая обрабатывалась халибами) была «природно легирована» марганцем. Кроме того, на окраине Поти (древнегреческий Фазис) в дельте реки Риони, в бассейне которой находится Чиатурское месторождение марганца, и в наше время наблюдается значительное скопление этого элемента, который мог добавляться в шихту древними металлургами.

Мы долгое время искали причину исключительных свойств выплавляемого из этих песков металла. Результаты химических анализов показывают, что эти пески фактически являются «бедными» железными рудами. По литературным данным [3] и результатам наших исследований, на отдельных участках наблюдаются повышенные содержания ванадия (среднее содержание оксида ванадия (V_2O_5) достигает 0,08–0,1%) и циркона. Магнетитовые пески являются продуктами разрушения изверженных пород – базитов и ультрабазитов и состоят из смеси мелких зерен магнетита, титано-магнетита и обломков других пород, которые в небольших количествах содержат и ванадий, и молибден, и хром. Например, содержание оксида хрома (Cr_2O_3) в таких породах составляет около 0,5% [4]. Таким образом, выплавляемая халибами сталь была природно леги-

рована, благодаря чему и обладала выдающимися свойствами. Их способ, конечно, не был универсальным и не мог применяться повсеместно, но послужил толчком для дальнейшего развития металлургии железа.

В истории обработки и легирования металла XX в. известны специальные ножевые стали, в состав которых вводились хром, ванадий, и молибден [5]. Во время второй мировой войны американские союзники поставляли в СССР военную технику, в том числе и автомашины «ЖЕЕР», каркас кооторых считался нержавеющей именно из-за того, что металл этих машин содержал некоторое количество $V_2O_5+Cr_2O_3$. Возможно, этим можно объяснить свойства халибской стали.

Так как территория Грузии богата и гематитовым, и марганцево-гематитовым оруденением, то древние металлурги при выплавке качественной стали могли либо легировать железо марганцем, либо выплавлять его непосредственно из марганцево-гематитовых руд.

Чтобы убедиться в возможности применения марганцево-гематитовых руд древними металлургами, мы изучили одно небольшое рудопроявление в Юго-Восточной Грузии (с. Самшвилде). На рис. 2 видно, что на одном из локальных выходов руд на поверхность четко различаются участки красно-оранжевых гематитовых (А) и коричнево-черных марганцево-гематитовых (Б) руд. Если в гематитовых рудах содержание гематита достигает 17%, а марганец фактически отсутствует (менее 0,2%), то в марганцево-гематитовых



Рис. 4. Молибденит г. Кароби. Рача. Южный склон Кавказского хребта. Фото Д. Купарадзе



Рис. 5. Железный нож. Читaxeви. VII в. до н.э. Национальный музей Грузии. Фото авторов

рудах содержание железа понижается до 11%, а содержание MnO достигает 52%. Таким образом, для получения шихты необходимого качества достаточно было смешать руды различных участков в пропорциях, определяемых опытным путем и знаниями древних мастеров металла.

Нам предоставилась возможность изучить металл, из которого в X–XI вв. н.э. был изготовлен меч, хранящийся в запасниках Национального Музея Грузии (рис. 3). В обломке рукоятки помимо железа содержится около 1% цинка, т.е. для выплавки этого изделия могла применяться либо маднеульская (Квемо Картли), либо квайсинская (Шида Картли) руда.

В результате нашего общения с российскими и европейскими специалистами по холодному оружию и частными коллекционерами мы пришли к совместному заключению о том, что грузинское холодное оружие (как древнее, так и средневековое) было исключительного качества ввиду присутствия в нем молибдена. Крайне интересные детали вырисовываются и при обсуждениях проблем булата. По утверждению некоторых специалистов, «грузинский булат» был легирован молибденом (до 0,6%). При этом речь шла не о булате, который один из основателей знаменитой тифлисской школы Георгий Элиазаров (впоследствии Елиазаров) ковал «из плит индийского или турецкого железа» (подков), а о булате, выплаваемом им из природного сырья.

По минералогическому, химическому составу и другим признакам, руды, из которых созданы эти булатные стали, наиболее близки к рудам Дзамского скарнового месторождения железа (Шида Картли). Там молибденит образует небольшие скопления, вкрапления и нитеобразные прожилки [6]. В основном они наблюдаются на участке Гарта во вторичных кварцитах и скарнах, а также в интрузивных породах близ контактов с гидротермально измененными зонами. Кроме того, в Грузии существует месторождение молибдена на южном склоне Кавказского хребта, в Раче на склоне горы Кароби (рис. 4). Это месторождение разрабатывалось до середины XX в. Известно несколько небольших рудопроявлений молибдена в Аджарии и в Юго-Восточной Грузии (в непосредственной близости от Болнисского, Марнеульского и Тетрицкаройского железорудных, золото-медных и свинцово-цинковых месторождений).

На наличие молибдена в металлах, из которых изготовлены древние артефакты, нами был проведен химический анализ изделий, датированных

VII в. до н.э. и обнаруженных при раскопках Чихтаевского могильника – нож (рис. 5) и фибула (запасники Национального музея Грузии). Результаты анализов: содержание молибдена в металле ножа и фибулы 0,036% и 0,046%; содержание серебра в металле ножа и фибулы – 0,194% и 0,175% соответственно.

В заключение необходимо отметить, что никакие добавки к исходной руде не могут заменить видения и интуиции мастера-оружейника, контролирующего процесс металлообработки. Для примера можно привести рассказ современного грузинского мастераковки Темура Сулханишвили [7] о том, что в XIX в. (время расцвета Грузинского булата) в Раче жил и работал мастер литья иковки железа, некий Платон Вацадзе. При создании металла он собирал дорожную пыль на одной конкретной дороге и добавлял ее в железо. Так он получал оружие, которое не ржавело. Надо только восхищаться интуицией этого человека. Он не мог знать, что эта дорожная пыль имела бокситное происхождение. Скорее всего, он достиг высочайшего качества своих изделий эмпирическим методом.

Библиографический список

1. Kupaadze D., Pataridze D. and Kerestedjian T. Ancient Georgian iron metallurgy and its ore base: Int. Conf. «Geoarchaeology and archaeomineralogy» – Int. Year of Planet Earth». Sofia, 2008. P. 248–252.
2. Купарадзе Д.М., Патаридзе Д.В. Добыча и использование железных руд в Грузии (историко-археологический очерк): Сб. тр. «Кавказского института Минерального Сырья А.А. Твалчрелидзе (КИМС)», посвященный 80-летию основания института. Тбилиси, 2009. С. 277–294. Режим доступа: http://www.academia.edu/2055203/-Production_and_using_the_iron_ores_in_Georgia_history-archaeogeological_study
3. Минеральные Ресурсы Грузинской ССР. Т. 1. М.: Изд. АН СССР, 1958. 231 с.
4. Onuma K., Tohara T. The join $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 - \text{CaAl}_2\text{SiO}_6 - \text{CaCrAlSiO}_6$ with special reference to chrome clinopyroxene and chrome spinel. 1984. Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0024493784900264>
5. Секрет изготовления булатной стали. Режим доступа: <http://anytech.narod.ru/bulat3.htm>
6. Купарадзе М.Д. Геологическое строение, вещественный состав и условия формирования Дзамского скарново-железорудного месторождения: Тр., новая сер. Вып. 9. Тбилиси: Мецниереба. 1966.
7. Обработка металла в Грузии. Режим доступа: <http://ostmetal.info/obrabotka-metalla-v-gruzii-video/>