

## ЧЕБЫШЕВСКИЙ СБОРНИК

Том 23. Выпуск 4.

УДК 903.05:669.053

DOI 10.22405/2226-8383-2022-23-4-233-250

**История зарождения и развития металлургической отрасли и ее влияние на мировую промышленность**

А. Н. Кубанова, А. Е. Гвоздев, Е. А. Протопопов

**Кубанова Анастасия Николаевна** — младший научный сотрудник, Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого (г. Тула).

*e-mail: kubanovaan@tspu.ru*

**Гвоздев Александр Евгеньевич** — доктор технических наук, профессор, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (г. Тула).

*e-mail: gwozdew.alexandr2013@yandex.ru*

**Протопопов Евгений Александрович** — кандидат технических наук, Тульский государственный университет (г. Тула).

*e-mail: pea\_12@mail.ru*

**Аннотация**

В статье раскрыты основные этапы зарождения металлургии и становления металлургической отрасли в мире. Освещены местоположения крупных металлосодержащих богатств в различные времена и их влияние на разделение народов на производителей металлов и их потребителей. Показана тесная связь развития металлургии и экономики отдельно взятых стран в целом. Объяснено развитие металлургии в зависимости от человеческой культуры и быта в отдельно взятое время и на определенном местоположении. Освещена тесная связь развития металлургической отрасли и военного дела в различных странах. Рассмотрено поэтапное развитие металлургии от частных мануфактур до крупных железорудных комбинатов среди крупных стран-производителей металлов и сплавов. Показано влияние развития и распространения металлургических процессов на модернизацию экономических аспектов промышленности. Освещены первые разработки в области легирования сплавов, термической и механической обработки готовых металлических изделий, а также переработки отходов металлургического производства. В статье приводятся основные факторы по определению оптимальности местоположения для строительства металлургического производства.

*Ключевые слова:* история металлургии, экономика, технологические процессы металлургии, развитие экономики, развитие металлургии.

*Библиография:* 26 названий.

**Для цитирования:**

А. Н. Кубанова. История зарождения и развития металлургической отрасли и ее влияние на мировую промышленность // Чебышевский сборник, 2022, т. 23, вып. 4, с. 233–250.

## CHEBYSHEVSKII SBORNIK

Vol. 23. No. 4.

UDC 903.05:669.053

DOI 10.22405/2226-8383-2022-23-4-233-250

**The history of the conception and development of the metallurgical industry and its impact on the global industry**

A. N. Kubanova, A. E. Gvozdev, E. A. Protopopov

**Kubanova Anastasia Nikolaevna** — junior researcher, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula).

*e-mail: kubanovaan@tspu.ru*

**Gvozdev Aleksander Evgenyevich** — doctor of technical science, professor, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula).

*e-mail: gvozdev.alexandr2013@yandex.ru*

**Protopopov Evgeny Aleksandrovich** — candidate of technical sciences, Tula State University (Tula).

*e-mail: pea\_12@mail.ru*

**Abstract**

The main stages of the conception of metallurgy and the formation of the metallurgical industry in the world are disclosed in the article. The locations of large metal-containing wealth at different times and their influence on the division of peoples into metal producers and their consumers are shown. The close relationship between the development of metallurgy and the economy of individual countries as a whole is shown. The development of metallurgy depending on human culture and life at a particular time and at a particular location is explained. The close relationship between the development of the metallurgical industry and military affairs in various countries is illustrated. The stage-by-stage development of metallurgy from private manufactories to large iron ore plants among the major countries producing metals and alloys is considered. The influence of the development and spread of metallurgical processes on the modernization of the economic aspects of the industry is shown. The first developments in the field of alloying alloys, thermal and mechanical processing of finished metal products, as well as the processing of waste from metallurgical production are illustrated. The main factors for determining the optimal location for the construction of metallurgical production are given in the article.

*Keywords:* history of metallurgy, economics, technological processes of metallurgy, economic development, development of metallurgy.

*Bibliography:* 26 titles.

**For citation:**

A. N. Kubanova, A. E. Gvozdev, E. A. Protopopov, 2022, “The history of the conception and development of the metallurgical industry and its impact on the global industry”, *Chebyshevskii sbornik*, vol. 23, no. 4, pp. 233–250.

**1. Введение**

Металлургия однозначно относится к одной из древнейших областей науки и техники. В свою очередь, металлургическое производство, без сомнения, является одной из составных открытий, много тысячелетий назад кардинально изменивших мир. Так, например, во времена

бронзового века и особенно после его завершения, развитие населения было напрямую связано со способностью человека находить металлосодержащие минералы, осуществлять их выплавку и с применением искусства обработки изготавливать различные металлические предметы быта. Даже в основе так называемых «постиндустриальных» цивилизаций лежат именно металлы и учения о них, поскольку ни одна отрасль и технология и по сей день не может обойтись без металлургии.

Стоит отметить, что появление и развитие тенденций и общего стремления большинства современных стран к росту производительности труда тесно связано с металлургическим производством, а именно с приобретением умения людей выплавлять металл из руды с целью изготовления орудий. Ведь, абсолютно логично и ясно, что даже мягкие металлы, например, медь и ее сплавы наиболее пригодны по сравнению с камнем или костью для изготовления целевых предметов быта.

Как правило, именно по значительному уровню развития металлургии на протяжении веков определялся общий уровень развития страны. Становление современных уровней и объемов металлургического производства происходило в течение многовекового периода, в течение которого в первую очередь разрабатывались новые технологические аспекты для получения и обработки ранее неиспользуемых металлов и сплавов.

## 2. Зарождение и развитие металлургической промышленности

Развитие металлургии несомненно связано с распределением и распространением металлосодержащих минеральных богатств на нашей планете, что в свою очередь обусловило международное разделение труда между целыми государствами. Так, в зависимости от наличия или отсутствия полезных металлосодержащих ископаемых, народы планеты Земля автоматически разделились на две группы, а именно на:

- производителей металлов и сплавов на их основе;
- потребителей сырьевых и готовых металлических компонентов и продуктов соответственно.

Данное глобальное разделение человеческих сообществ с древних времен сыграло колоссальную роль в восхождении целых государств к структурам и быту современного мира [1].

Впервые столкнувшись с металлами и поняв для себя потенциальные возможности их применения, древние сообщества приоткрыли завесу ранее неведомой тайны. В то время они рассуждали, что неживая окружающая человека природа способна кардинально менять свою суть и облик. Это подтверждается тем фактом, что из зеленого ничем не примечательного хрупкого камня, взятого как естественный результат деятельности окружающей природы, человек при помощи применения огня смог получить тяжелое вещество красного цвета – медь, чьи самородки и по сей день встречаются крайне редко. Все это побуждало к рассуждению и обуславливало человеческие мысли о существовании неподвластных могучих сил, которым подчинены скрытые от глаз и неисчерпаемые подземные богатства. Только избранные мастера среди человеческого сообщества обладали даром вступать в контакт с таинственными минералами, подвергая их различным видам термической и механической обработок. Секреты металлов, обнаруженные в ходе проведения обработок, строго охранялись от чужих глаз даже внутри одного сообщества. Разработанные технологии плавки и термомеханической обработки, представляющие особую ценность, тщательно скрывались мастером за «семью печатями». Стихия огня играла одну из самых важных ролей в обработке сырьевых минералов, за счет чего древними сообществами относилась к числу сверхъестественных сил. Исключительно умельцам и мастерам отводилась роль управления данной стихией, что послужило началом зарождения будущей общемировой металлургической отрасли [2].

Металлурги древности, впрочем, как и все производство металлов тех лет, столкнулись с

очень трудными технологическими задачами. Уже тогда главной целью мастеров металла была разработка технологий плавки, литья,ковки, термической обработки для получения всевозможных изделий из разнообразных металлов подходящего качества. Логично предположить, что также подтверждено ранними находками, датируемое производство которых составляет тысячелетия до н.э., что первыми металлами будущей металлургической отрасли являлись материалы, встречающиеся в природе в виде самородков, например золото, серебро, медь или метеоритное железо [2].

Для определения корректной последовательности развития металлургической промышленности чрезвычайно важно правильно сопоставить причины и следствия, для избежания ряда досадных ошибок в оценках долгой истории металлургического производства. Ярче всего и потому проще начать данное сопоставление с истории развития металлургии в Евразии и Южной Америке.

### 3. Зарождение металлургии в Старом Свете

Еще в X-VI тысячелетиях до н.э. человечество разработало и освоило процесс извлечения металлов из руд. Учитывая примитивный по сегодняшним меркам используемый тепловой агрегат того времени – костер, позволяющий получать температуру на уровне 600-700°C, процесс извлечения был доступен только для легкоплавких металлов [3].

Одним из первых металлов, который открыл для себя человек порядка 10 тыс. лет назад, являлась медь. Это было установлено посредством археологического открытия в Юго-Восточной Анатолии очень древнего поселения периода докерамического неолита. Данное открытие однозначно поразило археологов своей примечательно сложной каменной архитектурой, столь неожиданно обнаруженной для производства того раннего времени. Среди поразительных каменных руин археологи обнаружили неисчислимое количество мелких кусочков меди и осколков ее минерала – малахита. Некоторые из найденных осколков были обработаны в форму удивительных сферических бусин.

Подобное открытие повторилось и на юге Центральной Анатолии, где учеными было найдено множество медных украшений, датированных 8-м тысячелетием до н.э. Немного позднее такие металлы, как медь и свинец, были обнаружены и в Северной Месопотамии. Однако, стоит отметить, что металлургическое производство не получило повсеместного развития в анатолийско-переднеазиатских областях, несмотря на наличие металлосодержащих минеральных ресурсов меди и свинца. Более того, с помощью археологических раскопок выявлена стагнация местной металлодобычи и металлообработки, продолжавшаяся порядка четырех тысяч лет [4].

Вопреки всем предпосылкам и ожиданиям, настоящая эра металлов появилась в 5-ом тысячелетии до н.э. на северо-западе Евразии, а именно на Балканском п-ове и в Карпатском бассейне [5]. Возникшая Балкано-Карпатская металлургическая провинция так же основывалась на меди. В качестве подтверждения данного факта до наших времен сохранились такие удивительные архитектурные памятники, датированные 5-ым тысячелетием до н.э., как: Варненский «золотой» некрополь и громадный медный рудник Айбунар. Еще до археологического открытия Варненского некрополя, исследователи обратили внимание на поразительно разнообразное и многочисленное тяжелое медное оружие, произведенное в появившейся Балкано-Карпатской провинции. Было также найдено множество массивных орудий, включая разнообразные типы топоров. Столь колоссальное разнообразие и количество массивных изделий позволило ученым сделать вывод об едва ли не одночастном освоении жителями Балкано-Карпатской провинции технологий изготовления крупногабаритных металлических изделий сложных форм. Таким образом, можно заметить на удивление очень стремительное развитие металлургического производства на Северных Балканах и в Карпатском бассейне.

Напрашивается вывод что, в то время как металлургия Анатолии 4 тысячелетия пребывала в технологической стагнации металлургического производства, на Балканах и Карпатах данная отрасль переживала невиданный и неожиданный взлет [6]. Подобный парадокс, возможно, объясняется запретом внутренней культуры, которая могла интерпретировать появление новых технологических принципов нарушением нормативной системы предписаний Анатолии. Внутренняя культура Балкано-Карпатской провинции, наоборот, могла кардинально отличаться от принятой Анатолийской, как в общем, так и в частности применительно к целевой направленности металлургического производства. Однако, стоит отметить, что первичные навыки получения и обработки металлов могли проникнуть на Балканы именно из соседней Анатолии, породив яркую вспышку зарождения и развития металлургии в этих местах. Однако, как ни странно, даже с учетом неожиданного и невиданного до тех лет взлета развития металлургической отрасли, в культуре малоазийских нагорий и аридных северо-месопотамских степей ничего не изменилось.

#### 4. Развитие металлургии в Новом Свете

Металлургическое производство Нового Света радикально отличалось от металлургических технологий Старого Света [5]. Это связано с тем, что в Южной Америке медь и сплавы на ее основе никогда не играли первостепенную роль. Они служили лишь дополнением к изделиям из драгоценных камней. Для данной территории основным драгоценным металлом являлось золото, появившееся на три тысячелетия позднее развития металлургии меди. Стоит отметить, что все развитие металлургической отрасли Нового Света было направлено только на создание разнообразной технологически сложной социально-религиозной символики. Творчество местных металлургов обуславливалось причудливым орнаментом и фантастическими формами изделий. Создание столь невероятных для тех времен изделий аргументировалось высокотехнологичной обработкой металлов и сплавов. Если в Евразии символом древней металлургии стал Варненский «золотой некрополь», то в Южной Америке апофеозом металлургического производства можно считать некрополь Сипан в Перу [7]. Удивительная конструкция пирамид-усыпальниц сохранила до наших времен тысячи разнообразных изделий из драгоценных металлов и сплавов, в том числе сложнхимические сплавы золото-медно-серебряной системы. Данный некрополь можно по праву считать символом металлургии Южной Америки тех лет, основанной на разработке технологий обработки драгоценных металлов и сплавов. Однако, за 3 тыс. лет развитие металлургической отрасли в области драгоценных металлов в Южной Америке не претерпело значительных изменений, так и оставаясь ценным лишь для достижения утилитарных целей.

Во времена бронзового века, включая средне-бронзовый период, металлургическая отрасль активно развивалась в сторону драгоценных и полудрагоценных металлов (золото, серебро, бронза). Это подтверждается многочисленными находками в огромном регионе площадью более 4 млн км<sup>2</sup>, расположенного на современной территории от Восточной Европы до Кавказа, называемого во времена бронзового века как Циркумпонтийская провинция [8]. Данные находки свидетельствуют о применении драгоценных и полудрагоценных металлов (с преобладанием золота в общей массе изделий) в религиозной сфере (изделия для погребения, украшения некрополей царской знати) и предметах быта, например, топоры, крюки и т.д., сделанные из мышьяковых бронз.

Однако, быстрое и колоссальное по масштабам развитие металлургии драгоценных и полудрагоценных металлов бронзового века достаточно быстро пошло на спад. Стоит отметить [8], что исчезновение технологий того времени по обработке драгоценных металлов напрямую связано с географическими алгоритмами, а именно с отсутствием их распространения. Вследствие этого за распадом Циркумпонтийской провинции золото, серебро и бронза исчезают с

ее безграничных просторов, что позволяет сделать вывод о том, что не только южноамериканским культурам была присуща иррациональная доминанта в металлургии.

Крупные центры металлургической отрасли так же зарождались и на азиатских просторах Евразии. Так, например, металлургическое производство Китая, специализирующееся на изготовлении изделий из бронзы, получила широкое развитие на протяжении 7 в. до н.э. – 5 в. н.э. Изделия мастеров древнекитайской металлургии можно разделить на два абсолютно противоположных направления, отличающихся друг от друга по областям применения готовых изделий, их форме и стилю [9]. К первому типу изделий относился комплекс предметов быта и ритуально-мифологической сферы: многочисленные сосуды, котлы, шкатулки и т.п. Они были искусно украшены причудливым орнаментом, фантастическими узорами, сказочными изображениями существ древней мифологии, напоминающих образцы южноамериканских древних находок металлургического производства. Это связь найденных предметов искусства разных культур и географического происхождения в первую очередь имеет экзистенциальный подтекст, обоснованный устремлением различных обществ того времени удовлетворить свои духовные потребности в ритуальной сфере. Ко второму типу изделий древнекитайской металлургии в преобладающем большинстве относятся оружие и орудия: различные виды кинжалов, чеканы с украшенными лезвиями, сложные по форме наконечники копий, первые боевые металлические колесницы с конской упряжью.

Стоит заметить, что металлургическое искусство Древнего Китая являлось одной из причин «противостояния» и споров таких направлений древнекитайского нормативизма как конфуцианство и легисты. Первые считали кощунством заимствование идей и достижений в области разработанных технологий производства металлических изделий от чужих культур. Вторые же, напротив, рационально рассуждая и стремясь к формированию мощного защищенного государства, стали основоположниками металлургической отрасли Китая, первостепенное место в которой занимало производство оружия [5].

## 5. Развитие «железного века»

Основоположниками производства железа и сплавов на его основе в мире считаются древние племена кельтов, упоминания о деятельности которых датируются периодом X в. до н.э. по X в. н.э. Металлургия железа занимала одну из основных ролей в их экономической жизни наряду с земледелием и скотоводством. Именно в то время начинают проследиваться основные аспекты разделения труда, становление специализаций мастеров, появление и развитие ранее неизвестных технологий, а также первые положительные опыты в области термической обработки (науглероживание железа) и горячей деформации (ковка). Все это позволяло на постоянной основе повышать качество получаемых изделий и поднимать общую производительность труда [10].

Достаточно продолжительное время железные изделия кельтов оставались непревзойденными, что подтверждается находками на территории Швейцарии, датированными разными веками. Стоит отметить, что дальнейшее глобальное развитие металлургия железа получила уже в руках римлян и германцев, которые, будучи соседями кельтов, переняли и даже превзошли своих учителей. Проследивается становление нового веяния в металлургической отрасли, а именно, металлургия железа и его сплавов, применяемых преимущественно для получения предметов военной сферы. Именно вышеуказанные народы впервые разработали технологии литья сплавов на основе железа (чугуна) в специально сконструированные формы.

Интенсивное развитие металлургии железа позволило достичь уровня небольших частных мануфактур, производящих товары, как для собственных нужд, так и для продажи. Приобретя необходимый опыт мастера-металлурга тех времен научились получать сталь помимо ковкого железа за счет правильной корректировки технологических параметров. Наряду с

развитием технологий неуклонно развивались и подходы к конструированию основного производственного оборудования. Так, ориентировочно в XV веке сыродутный горн сменили домины, позволяющие тщательно контролировать процесс плавления и литья жидкого металла на основе железа. Это позволило перейти от одностадийного процесса руда – железо к двухстадийной цепочке производства руда – чугун – сталь, что в свою очередь позволило освоить производство листовых и сортовых изделий из сплавов на основе железа [10].

Конечно все это напрямую коррелировалось с развитием военной сферы. Активно развивается литье военных орудий (пушки, снаряды), усовершенствуется огнестрельное оружие. Данное развитие неуклонно отражалось на экономике целых государств. Так, например, Англия, благодаря широкому освоению и распространению металлургических производств полного цикла, осуществляла обширную торговую кампанию с соседствующими странами. Учитывая исчерпаемые ресурсы, необходимые для металлургического производства, зарождаются обширные межгосударственные кооперационные связи для обеспечения заготовительного производства сырьевыми материалами, рабочей силой, технологическими агрегатами. Одновременно издаются законоположения, особенно в ряде стран – поставщиков сырья, регулирующих добычу и вывоз полезных ископаемых [11].

Вплоть до начала XVIII в. металлургия железа активно развивалась в области термической обработки и нанесения различных функциональных покрытий. Издаются одни из первых печатных работ, повествующих о технологических процессах производства сплавов на основе железа, их различных технологий постобработки (графитизация чугуна, цементация стали). Так, в Дрездене и Лейпциге в 1734 г. издается первая фундаментальная учебно-справочная книга по металлургии железа – «De ferro», являющаяся первым учебником и справочником по металловедению чугуна и стали [10]. Стоит заметить, что автор данного издания – Эмануэль Сведенборг – являлся членом Петербургской Академии наук и еще при жизни Петра I занимался развитием металлургии в России.

Однако, мировые темпы развития металлургической отрасли сильно сдерживались естественным фактором - недостатком топлива, которым являлась древесина. Учитывая широкий спрос на древесину в таких областях, как кораблестроение и гражданское строительство, первоочередной задачей металлургической отрасли стала замена древесного угля каменным углем. Естественным путем это отразилось на развитии геологии, а именно поиска и освоения залежей каменноугольного сырья, из которого путем термической обработки получали новый вид топлива – кокс, применяемый и по сей день в качестве основного компонента шихты для производства чугуна. Конечно же, изменение исходного материала привело к необходимости пересмотра технологических процессов и конструированию новых производственных установок. Первые записи результатов экспериментов подбора параметров технологического процесса с каменным углем, сделанные Абрахамом Дерби в 1716–1717 гг., гласят: «На каждые 5 корзин каменноугольного кокса, 2 корзины древесного угля и 1 корзина торфа обеспечивают нормальную работу доменной печи» [10].

Неуклонное развитие модернизации технологии в сторону максимального перехода на коксовое (каменноугольное) топливо вплоть до 1763 г. отразилось на широкомасштабной прокладке дощатых мостовых, обеспечивающих транспортировку исходных компонентов к чугунолитейным заводам. Позднее, с целью улучшения качества и количества транспортировки, а также увеличения срока службы дорожного полотна, стали применяться чугунные рельсы, по которым лошади тянули вагонетки с сырьем. Стали активно развиваться проектирование и строительство железных дорог, и железнодорожного транспорта в целом, что в свою очередь напрямую отразилось на росте спроса на железные рельсы. Только в Англии в течение 1800-1860 гг. выплавка чугуна была увеличена со 100 тыс. тонн до 2 млн тонн, что являлось абсолютным мировым рекордом того времени среди остальных стран, занимающихся металлургической промышленностью.

С целью получения более пластичного материала, но с сохранением прочности, на постоян-

ной основе проводились многочисленные эксперименты по разработке технологий получения стали из чугуна. Были разработаны такие процессы, как Мартеновский (Эмиль и Пьер Мартены), Томасовский (Сидни Джилкрист Томас) и процесс Бессемеровского конвертера (Генри Бессемер), футерованный известью для снижения содержания фосфора. Стоит отметить, что всего за 5 лет с 1865 по 1870 гг. за счет масштабного ввода в металлургическую промышленность разработанных способов (в основном мартеновского и бессемеровского) мировое производство стали выросло на 70% [12].

Активно велись научно-исследовательские работы в сфере легирования, а также проведения специальных видов термических обработок (закалка, обратное науглероживание и раскисление) с целью повышения свойств и качества стали. Вторая половина XIX в. – нач. XX в. особенно богаты разработками и открытиями в области получения новых видов технологических и термических обработок и, соответственно, марок стали, значительно различающихся друг от друга свойствами и возможным применением. Так, знаменитая и широко применяемая и в наше время инструментальная сталь была разработана и повсеместно внедрена в производство Робертом Мюшетом (Шотландия) в 50-60-ых гг. XIX в. Марганцовистая сталь, которая не закаливалась и не поддавалась механической обработке, была впервые запатентована Робертом Гарфильдом в 1883 г. Особенно важным было открытие быстрорежущей стали, содержащей до 18% вольфрама и 4% хрома. Данная разработка, сделанная Фредериком Тейлором и Монселье Уайтом (США), позволила сделать серьезный скачок в области технологий металлообработки, строительства и других видах инженерных наук, за счет получения материала для производства особо стойкого режущего инструмента, скорость резания которого превосходила в 4 раза инструмент из ближайших материалов-аналогов. Стоит так же отметить разработку состава первых марок нержавеющей стали в 1912 г., сделанную Эдуардом Маурером [13].

В начале XX мировая промышленность и экономика в целом столкнулись с новой производственной задачей – переработкой отходов металлургического производства. Первым важным открытием, решившим эту задачу, а также работающим и по сей день на ряде предприятий, являлся кислородно-конверторный процесс, позволяющий осуществлять выплавку стали из чугуна с добавлением металлолома в конверторе.

Наряду с уже ставшими на тот момент классическими технологиями получения стали, а также с учетом научных достижений в электротехнике, во второй половине XIX в. было создано новое металлургическое направление – электрометаллургия, применяемая для производства высококачественных легированных сталей. Данное направление, а точнее используемые в нем электропечи, позднее стали широко внедряться и в области химической промышленности.

## 6. Зарождение и развитие металлургической отрасли в России

Самые ранние из свидетельств получения металла из руды на территории Северной Евразии датируются концом IV тыс. до н.э., т.е. насчитывают более пяти тысяч лет [14]. Расширение зоны металлоносных культур происходило постепенно вплоть до II тыс. до н.э. Именно в этот период в Южном Зауралье появляются первые поселения металлургов. Металлургия сформировала полную загадок синташтинскую культуру, которая оставила нам руины 23 укрепленных поселений, включая широко известный Аркаим. При раскопках помимо металлических изделий в культурном слое поселений были обнаружены остатки металлургических комплексов – плавильных печей, в которых отмечены скопления остатков продуктов плавки бронзы – руда, шлаки, слески, бронзовый лом, заготовки [15].

Первое упоминание о металлургической деятельности в Европейской части России датируется VII-IX вв. н.э. и подтверждается соответствующими находками о факте обработки железной руды, найденной в районах Смоленска и Ростова [16]. Только спустя более 9 ве-

ков в 1632 г. в России недалеко от г. Тула была построена первая доменная печь, уже тогда напоминающая современные агрегаты для производства чугуна [17].

Во времена становления российского металлургического производства прослеживалась тенденция к группировке металлообрабатывающих заводов вокруг (или поблизости) чугуноплавильного производства. Иными словами, формировалось четкое разделение как производственного процесса, так и, в частности, труда рабочих по отдельным квалификациям и специальностям. Это подтверждается фактической производственной историей таких заводов как Поротовский, Павловский, а также несколькими заводами Л.К. Нарышкина, основной технологической линией которых было производство чугуна и стали. Стоит отметить, что все металлозаготовительные заводы строились в непосредственной близости от месторождения руд, с целью снижения транспортных затрат. Технологии обработки разрабатывались и осваивались на отдельных предприятиях, таких как: Угодский завод, Ченцовский, Обушковский и Брезгинский заводы, предприятия Л.К. Нарышкина. Данные заводы имели в своем составе горны, сверлильные и молотовые мастерские, ковочные цеха, кузницы. Примечательно, что численность трудящихся на заводах с трудом насчитывала больше 100 человек для самых крупных предприятий. Как правило, к работам широко привлекались холопы и крестьяне в порядке повинности, выполняющие тяжелую ручную работу, требующую низкой квалификации (копка, ломка и перевозка руды, погрузка топлива, угля и готовых изделий, углежжение).

Стоит отметить, что при каждом мастере и высококвалифицированном работнике всегда «прикреплялись» ученики в соотношении 1:3-1:5. Статус «мастера» присваивался ученику через 10-20 лет успешной работы. Примечательным фактом также являются проведенные в Москве переписи ремесленников и кузнечных мастерских, датируемые 1638 г. и 1641 г. соответственно. Основной целью данных мероприятий было установление списочной численности рабочих определенных металлургических квалификаций и компетенций, а также количество кузниц [18].

Основоположником масштабного развития российской металлургической отрасли является Петр I [19]. Обладая прекрасным техническим и технологическим мышлением, а также имея выдающиеся организаторские способности, он обеспечил обширное переселение европейских ремесленников, предпринимателей в области металлургии и художников в Россию. Активное развитие металлургии в России началось преимущественно с производства железа и его сплавов, посредством освоения железорудных ископаемых, основные залежи которых были обнаружены на Урале в конце XVII – начале XVIII вв [20]. Именно по этой причине и по сей день данная территория является крупным металлургическим центром России. Выбор конкретного места для создания первых уральских заводов – Невьянского и Каменского – определялся многочисленными природными и экономическими факторами, среди которых:

- наличие легкодоступных месторождений богатых железной рудой;
- доступность больших объемов древесины (лесов), используемой в качестве топлива;
- близость к водоемам или рекам для осуществления транспортировки как технологического оборудования, так и для отгрузки готовой продукции;
- степень освоения земель для обеспечения продовольствия;
- наличие работоспособного населения, в частности специалистов металлургической отрасли.

Последний фактор стал большой проблемой, ввиду катастрофической нехватки специалистов на Урале. Львиная доля квалифицированных кадров металлургического производства трудилась в центральной части России, в связи с чем стал вопрос о масштабном переселении целых семей как путем весомых преференций, так и в принудительном порядке.

Стоит отметить необъятный вклад выдающегося ремесленника и предпринимателя – Никиты Демидова, который личным приказом Петра Первого был направлен на Урал с целью закончить строительство металлургических заводов и запустить их производства. Под началом Никиты Демидова уральская металлургия обогнала достижения заводов центральной

части России, выдавая в 2-3 раза больше чугуна [19]. Получаемый металл был сопоставим, а в некоторых сравнительных случаях даже превосходил по качеству импортируемое железо. Предприниматель и уже владелец того времени тульского завода, Никита Демидов за 2 года строительства Невьянского завода вложил собственную сумму денег, равнозначную казенной. Обладая огромным организаторским опытом, особенно в части металлургического и оружейного производств, Никита Демидов осуществил переселение на Урал специалистов-металлургов, распорядился о разведывательных кампаниях по поиску руд, их освоению, обеспечил мобилизацию местного населения для постоянного ведения земледельческих, строительных и производственных работ. Он и его старший сын Акинфий, получивший в наследство ведение львиной доли металлургических заводов, разработали и внедрили в производство технологические цепочки по получению такой готовой продукции, как: полосное и связанное железо, уклад, жечь, проволока, котлы, сковороды и т.д. [18]. При управлении четой Демидовых на заводах формируется, ставшая в последствии основным экономическим документом, смета затрат, включающая детальное формирование себестоимости продукции на основе ее производства, транспортных расходов и расходов на реализацию (в наше время – коммерческих затрат). Смета также включала информацию о цене реализации готовой продукции, в зависимости от местоположения заказчика, что позволяло уже тогда определить валовую прибыль. Вводится понятие «оборотные средства», и сегодня подразумевающее материальные затраты, выраженные в натуральном выражении и необходимые для обеспечения проведения производственного процесса. Дополнительно оценивалась цена самих заводов и всех построек, относящихся к ним, называемая сегодня «стоимость основных фондов». Как это происходит и сегодня, она корректировалась, исходя из проведенных работ по модернизации строений и оборудования, их дополнительному оснащению или утилизации. Стоит также отметить, что велась строгая отчетность по производству и отгрузке продукции металлургических производств, позволившая, в частности, в 1773 г. семейству Демидовых отчитаться о поставках железа в казну за период 1701-1773 гг. с преимуществом в пользу государства равным 41% по сравнению с другими частными и экспортными продажами [21].

Атмосфера внешней политики конца XVII – начала XVIII вв., включая российско-шведскую войну, сильно торопила строительство и развитие металлургического производства, в частности запусков Каменского и Невьянского заводов. Уже сформированные к тому времени металлургические производства строго регламентировались правительством в вопросах объема продукции и ее цены для сдачи в казну.

Всего к концу XVIII века в регионе действовало приблизительно 200 горных заводов. Они не только выплавляли металл высокого качества, но и изготавливали различные виды вооружения для нужд армии, а также товары народного хозяйства [22]. Бурное развитие металлургического производства позволило достичь первых экспортных поставок чугуна в Англию уже в 1716 г., а к концу XVIII века (1768–1804 гг.) Россия стала крупнейшим мировым экспортером данного материала с показателем производства 25-180 тыс. тонн в год. Знаменитыми мастерами – Демидовыми – была разработана и запущена первая в мире доменная печь, с ежесуточной производительностью 13,1–14,7 тонн чугуна. Развитие доменного производства послужило возникновению широкого мирового спроса на огнеупоры, служащие покрытием внутренней поверхности печи и отличающиеся более продолжительной стойкостью к агрессивному воздействию жидкого металла [21]. Это послужило открытию в 1856 г. в г. Боровичи первого в России завода по производству шамотных огнеупоров, представляющих собой обожженную глину специального состава. Стоит отметить, что за счет тесного взаимодействия с иностранными исследователями, например Рене Антуан Реомюром, в технологической производственной цепочке российской металлургии появились отжиговые печи для проведения постобработки, а также лаборатории, оснащенные микроскопами, для проведения оперативного анализа изломов полученного металла. Доступ к иностранным патентам также положительно отразился на развитии российской металлургии. Так, в 1829 г. на Александровском литейном

заводе был внедрен процесс дутья, изобретенный годом ранее Д. Нилсоном и позволяющий значительно снизить расход исходного топливного вещества.

К тому времени относится деятельность великого русского металлурга П.П. Аносова (1799–1851 г.г.). Аносов сделал ряд научных открытий: разработал различные способы термической обработки и закалки стали, первым в мире в 1831 году (за 32 года до англичанина Генри Сорби, которому в Европе приписывают первенство в этом деле) применил микроскоп для изучения структуры чёрных металлов и заложил основы металлографии. Аносов разработал все стадии производства высококачественной литой стали: выплавку, разливку, ковку, закалку, отпуск, механическую обработку, контроль качества металла по макроструктуре и механическим свойствам. Многие из сформулированных им положений до сего времени составляют основу теории и технологии качественной металлургии [22].

Однако, уже к середине XIX века в металлургической промышленности Урала снизились высокие темпы роста. Это объяснялось проблемами с транспортировкой топлива: лесные богатства вокруг заводов были исчерпаны, а доставка каменного угля не могла осуществляться из-за отсутствия в регионе железных дорог. К середине XIX в. явственно проявился финансовый и технико-экономический кризис промышленности региона. Все более явной становилась бесперспективность использования феодально-крепостнической системы, тормозящей внедрение новейшей техники и методов производства. В это время началось создание нового металлургического района на Юге России, одним из преимуществ которого была близость залежей каменного угля Донбасса. За 20 лет (1887–1899 г.г.) там были введены в эксплуатацию 15 заводов, оснащенных передовым западноевропейским и американским оборудованием [23]. Таким образом, Урал, бывший основным металлургическим районом страны, был оттеснен на второе место.

Несмотря на все усилия властей, промышленность России значительно отставала от развитых западноевропейских стран и США. Становилась все более очевидной необходимость вовлечения богатейших природных ресурсов Сибири и Урала в технико-экономическую жизнь страны. В 1890-х гг. министр финансов С.Ю. Витте начал продвижение программы экономического развития восточных территорий России Урала и Западной Сибири. По его поручению в 1899 г. в Уральский регион была отправлена экспедиция во главе с Д.И. Менделеевым, в задачи которой входило определить причины отставания промышленности и способы ее восстановления. В ходе экспедиции ученые посетили ряд заводов в таких городах как Кизел, Кушва, Нижний Тагил, Екатеринбург, Тюмень, Тобольск и др., проводили магнитные измерения для выявления областей залежей железных руд. Члены экспедиции пришли к выводу о необходимости перехода на прогрессивный путь развития, что подразумевало не только техническое переоснащение, а также переход на минеральное топливо взамен древесного угля. Основной причиной стагнации и даже рецессии промышленности региона Менделеев считал казенное управление заводами, подразумевавшее отсутствие частной инициативы [24].

В 90-е гг. XIX века начался экономический подъем как страны в целом, так и ее восточных районов в частности: было построено 10 новых металлургических заводов, на уже функционирующие предприятия устанавливали современные машины и установки [23].

Целая эпоха в развитии металлургического производства в России и науки о металлах неразрывно связана с именем Дмитрия Константиновича Чернова. Открытия, сделанные этим выдающимся русским ученым, легли в основу совершенствования таких важнейших процессов получения и обработки металлов, как выплавка чугуна и стали, ковка и прокатка, отливка и термическая обработка стальных изделий. Он стал основоположником металловедения – учения о строении металлов и сплавов [25].

В СССР в период индустриализации конца 1920–1930-х годов была осуществлена коренная реконструкция металлургической отрасли, построены новые заводы. Среди них – промышленные гиганты Магнитогорский и Нижнетагильский комбинаты, Челябинский завод ферросплавов и др. Оснащение их главных цехов (доменных, мартеновских, прокатных), построенных

в то время, превосходило оборудование западноевропейских стран и не уступало американскому. Именно тогда всю уральскую металлургию с древесно-угольного топлива перевели на минеральное, что позволило использовать более мощные печи и агрегаты, и как следствие – резко поднять производительность. Наряду с традиционным выпуском чугуна, стали, меди, было освоено изготовление алюминия, магния, никеля, цинка. Были внедрены передовые технологии в цветной металлургии: в алюминиевой промышленности – гидрощелочной вариант получения глинозема, в производстве цинка – гидроэлектрометаллургический способ [26].

Тенденции XX века к достижению максимальной автоматизированности производственного процесса, а также к увеличению производительности, подтолкнули ряд российских заводов к установке и запуску машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Так, в 1952 г. на заводе «Красный октябрь» была введена в эксплуатацию первая российская полупромышленная МНЛЗ, позволяющая непрерывно осуществлять заливку приготовленной стали в бездонную водохлаждаемую изложницу (кристаллизатор), проходя через которую сформированный слиток металла автоматически по роликам транспортировался к прокатным станам на соответствующую горячую деформацию (прокатку) [10].

Однако, для достижения столь высокого статуса во времена становления российской металлургической отрасли необходимо было комплексно решить ряд важнейших взаимодополняющих вопросов, в числе которых:

- организация массовых строительных работ по возведению требуемых производственных площадок, дорог, сопутствующей инфраструктуры;
- поиск и освоение добычи полезных ископаемых;
- определение технологических подходов по проверке качества исходных материалов (полезных ископаемых);
- разработка аналитического оборудования и лабораторных методов для проведения анализа качества как продукции, так и исходного сырья;
- поиск, подготовка и систематическая проверка основных технологических аспектов металлургического производства;
- разработка новых видов технологического оборудования для реализации наиболее безопасного и качественного процесса производства;
- подготовка кадров согласно требуемому количеству и уровню их квалификации;
- использование уже имеющегося и постоянное развитие технического и организационного опыта, ввиду металлургической специфики;
- появление и развитие кооперационных связей, необходимых как для обмена производственным опытом, так и для создания коммерческих отношений;
- развитие дипломатии как одной из составляющих межгосударственных кооперационных связей;
- развитие энергетики как основной составляющей любого металлургического процесса.

Другими словами, масштабное развитие металлургической отрасли было бы невозможно без одновременного развития инженерных наук (мехатроники, строительного дела), химии, геологии, педагогики, энергетики, оптики, физики и др. Стоит отметить, что сегодня развитие новых металлургических технологий влечет за собой глобальное развитие экологии в связке с химией, особенно в области нейтрализации или переработки отходов.

## 7. Влияние металлургии на мировые отрасли промышленности

Динамичное получение знаний о металлах позволило активно разрабатывать и развивать технологии металлургического производства. Стоит отметить, что в основу разработки металлургических технологий в первую очередь легли фундаментальные естественно-научные

знания о металлах и их сплавах, познаваемые и подтверждаемые в течение многовековой истории развития металлургии.

Развитие металлургической отрасли шло бок о бок с развитием многочисленных отраслей промышленности. Эта тенденция прослеживается из глубины веков и подтверждается активной и постоянной модернизацией технологического оборудования. Так, в частности металлургические машины и механизмы, прошли модернизацию от ручного к гидравлическому и электрическому приводам, пройдя путь изменения принципа действия посредством водяного и парового двигателей. Это было бы невозможно без своевременного развития и появления соответствующих гениальных изобретений в областях механики, электричества и гидравлики [10].

Активные разработки и развитие технологий обработки металлов и сплавов, проводимые в период с середины XVIII в. по начало XX в. и включающих сортовую и листовую прокатку, волочение, штамповку, прессование, позволили обеспечить получение абсолютно новых форм готовых металлических изделий, что в свою очередь безусловно отразилось на широком развитии таких отраслей промышленности как:

- гражданская отрасль промышленности, выраженная в развитии производства посуды и предметов быта;
- пищевая, за счет применения прокатки металлов пакетом (пачкой), что позволило получать особо тонкую фольгу для упаковки шоколада, чая и других продуктов;
- электроника и электротехника, включая телеграф, телефон, трамвай, лампы накаливания и линии электропередач, за счет получения металлических проводов методами прокатки и волочения;
- энергетика, а именно прокладка инженерных коммуникаций, за счет развития технологий листовой прокатки, трубного производства;
- строительство и зодчество, выраженные в возведении железобетонных конструкций, за счет получения различных видов сортового проката и отработки технологий штамповки, а также в появлении возможности нанесения тонких покрытий листовых материалов (золочение куполов церквей), получаемых путем многостадийной технологии прокатки;
- машиностроение, ввиду получения деталей с плотностью металла близкой к теоретической за счет проведения технологий прессования;
- судостроение, а именно широкое распространение в применении изделий из меди и сплавов на ее основе для изготовления защитных покрытий от обрастания днища морскими организмами, а также теплообменников;
- авиастроение, выраженное в открытии новых видов металлов и сплавов (алюминий, титан, магний) и разработки технологий их обработки, позволившие в свою очередь получать более прочные и легкие материалы по сравнению с широко распространенными сплавами на основе железа;
- транспорт, особенно появление и широкое повсеместное внедрение железных дорог, железнодорожного транспорта (локомотивов), обеспеченное техническими предпосылками и широким производством полуфабрикатов из цветных металлов, а также массовым изготовлением готового проката рельсов;
- полиграфическая и бумажная отрасли промышленности, за счет освоения производства полированных цинковых листов для клише и медных металлических сеток соответственно;
- военная промышленность, обусловленная развитием производства патронов, капсулей, гильз, медных шин, прутков для взрывателей и т.д.

Стоит отметить, что развитие всех отраслей напрямую отражалось и на модернизации самих металлургических процессов. Так, за счет развития энергетической отрасли, запуска первых гидроэлектростанций и достижения высокого мирового уровня электрификации, была масштабна внедрена технология индукционной электроплавки, позволившая снизить стоимость передела (плавки) на 33-40%. Развитие ряда отраслей (точного машиностроения и

приборостроения, автоматики и электроники, средств связи) требовало разработки и освоения технологического производства новых сплавов, отличающихся специализированными физическими и механическими свойствами. Таким образом, были изобретены новые сплавы на основе цветных металлов (меди, никеля, алюминия и др.), а также технологические процессы производства специальных видов изделий из них. В свою очередь реализация данных разработок являлась предпосылкой к изобретению специальных видов производственного оборудования: многовалковых прокатных станов, волочильных станов и т.п.

Важно заметить, что создание и освоение новых металлических материалов и металлургических процессов, было бы невозможно без создания соответствующей системы науки и образования, позволяющей осуществлять две основные задачи: научно-исследовательскую (для разработки материалов и процессов) и педагогическую (для подготовки квалифицированных кадров).

Общая история зарождения научных школ определенных направлений не нова и на сегодняшний момент насчитывает тысячелетнюю историю. Однако, применительно к научным школам России, специализированно созданных для развития узких направлений металлургии, данная история более скромная, начало которой датируется 20-ыми гг. XX в. Основными из них являлись:

- «ЦНИИцветмет», «Гипроцветметобработка» и «Гинцветмет» - лаборатория и институты, занимающиеся разработками в области цветных сплавов и внедрением в производство технологий по их получению и обработке;

- «ВНИИМЕТМАШ», «ЦНИИТМАШ», «ЭНИКМАШ» и «ЦБКМ» - организации научного комплекса, занимающиеся проектированием и изготовлением металлургического оборудования для обработки металлов и сплавов:ковки, прокатки, штамповки, различных видов прессов и молотов и т.д.;

- «ЦНИИЧермет» - институт черной металлургии, занимающийся решением научно-исследовательских задач в области чугуна и стали;

- «ГИПРОМЕЗ» - институт проектирования металлургических заводов;

- «РОСНИТИ» - институт проектирования и разработок материалов и технологий трубного производства.

Основные идеи создания металлургических институтов и лабораторий заключались в:

- создании тесных кооперационных связей между существующими производственными и научно-исследовательскими организациями;

- быстром решении технологических задач производственных организаций, вызванных необходимостью уменьшения (исключения) брака производимой продукции;

- оперативной подготовки требуемых квалифицируемых производственных и научных кадров;

- совместной разработки и внедрении новых продуктов и технологий на существующие производственные мощности;

- повышении уровня независимости государства от зарубежных поставок металлургической продукции;

- открытии новых производственных мощностей, что в свою очередь положительно отражалось на всей экономической стабильности государства и общего уровня жизни населения.

## 8. Заключение

Любая культура непременно заключает в себе и рациональные, и иррациональные аспекты, что в свою очередь строит взаимоотношения человека с металлами на основе иллюзорных принципов или по пути целесообразного применения. Принцип иллюзорности, базирующейся на иррациональных аспектах, в основном характерен для группы драгоценных металлов (зо-

лота, платины, серебра, и пр.), основной целью применения которых являлось возникновение фантазии и восхищения красотой и изяществом изделий из них. Только несколько последних столетий человечество определило целесообразный аспект применения данных металлов в области электронного приборостроения. Прочие металлы, например медь и железо, напротив, с древних времен нашли свое применение в практическом производственном процессе. Впрочем, встречались и иррациональные аспекты применения данных материалов, например, в области древней ритуальной атрибутики. Соответственно, можно сделать вывод, что металлургическая культура, например, Южной Америки представляет собой более иллюзорную сферу бытия, подтвержденную добычей и обработкой драгоценных металлов для применения изделий из них в религиозной сфере. И, напротив, продукция, например, Балкано-Карпатского региона представляет собой рациональный аспект применения, обусловленный находками, занимающих более 95% от общего объема артефактов, тяжелых и крупногабаритных медных орудий труда и оружия.

Территориальные идеологические и мировоззренческие факторы общества как правило своими корнями закладывались в соответствующие нормативные аспекты, которые в свою очередь определяли целевое направление развития металлургической отрасли. Этот вывод подтверждается историей развития как древнекитайской бронзовой индустрии, так и металлургическим производством древней территории Южной Америки.

Начав свою историю развития в виде домашнего хозяйства, металлургическая отрасль приобрела поистине мировой масштаб, став (особенно в развитых странах) основным товаром на продажу и, тем самым, делая значительный вклад в развитие экономики отдельно взятой страны. Именно так, упрощенно, и выглядит основное толкование роли металла в цивилизованном мире по сравнению с другими, синтетически разработанными или природными материалами.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохов И. В. Зарождение и развитие металлургии // Актуальные тенденции развития мировой экономики : материалы междунар. науч.-практ. конф., 15-16 марта 2016 г. : в 2 ч. Иркутск, 2016. Ч. 2. С. 53-59.
2. От метеорита до крицы. Железо III — первой половины I тыс. до н.э. в Восточной Европе. Том 1. Историография, База данных-1, начало новых исследований: коллективная монография / Отв. ред.: М. Т. Кашуба, М. А. Кулькова. Санкт-Петербург; Берлин: ИИМК РАН, 2021. 216 с.
3. Тулуш Д. К. Древняя металлургия Тувы: история исследования и современные перспективы // Научное обозрение Саяно-Алтая. 2017. № 1 (17). С. 48-52.
4. Авилова Л. И. Металл Ближнего Востока: модели производства в энеолите, раннем и среднем бронзовом веке. М.: Памятники исторической мысли, 2008. 227 с.
5. Черных Е. Н. Пути и модели развития археометаллургии (Старый и Новый Свет) // Российская археология. 2005. № 4. С. 49-60.
6. Авилова Л. И. Металлопроизводство древней Анатолии: специфика региона // Краткие сообщения Института археологии. 2009. № 223. С. 48-87.
7. Черных Е. Н., Венгеров А. Б. Структура нормативной системы в древних обществах (методологический аспект) // От доклассовых обществ к раннеклассовым. М., 1987. 242 с.

8. Авилова Л. И., Антонова Е. В., Тенейшвили Т. О. Металлургическое производство в южной зоне Циркумпонтийской металлургической провинции в эпоху ранней бронзы // Российская археология. 1999. № 1. С. 51-66.
9. Черных Е. Н. Древняя металлургия евразийских степей и Китая: проблема взаимодействия // Северная Евразия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология. Материалы всероссийской конференции с международным участием, посвященная 100-летию Михаила Михайловича Герасимова. 2007. С. 276-284.
10. Кондратов Л. А. Черная металлургия. Связь времен. М.: Металлургиздат, 2019. 308 с.
11. Tylecote R. F. A History of Metallurgy. Institute of Materials, 1992. 205 p.
12. Беккерт М. Железо. Факты и легенды / Перевод с немецкого Г. Г. Кефер. М.: Металлургия, 1984. 232 с.
13. Мезенин Н. А. Занимательно о железе // Издание второе, дополненное и переработанное. М.: Металлургия, 1977. 152 с.
14. Епимахов А. В. Металлургия бронзового века // Южный Урал. От Аркаима до Магнитки. Сборник статей. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2020. С. 5-28.
15. Григорьев С. А. Металлургическое производство на Южном Урале в эпоху средней бронзы // Древняя история Южного Зауралья. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2000. Т. 1. С. 444-523.
16. Голубев О. В., Кочуров С. С., Черноусов П. И. Металлургия железа и хронология цивилизации // Черные металлы. 2006. № 10. С. 90-95.
17. Вальтер А. И. Из истории оружейной столицы России и Тульского края. Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. 378 с.
18. Шаталов Р. Л. История и философия металлургии и обработки металлов / Учебное пособие для вузов. М.: Теплотехник, 2011. 400 с.
19. Юркин И. Н. Петр Великий и род Демидовых // Тульский краеведческий альманах. 2011. № 8. С. 108-116.
20. Алексеев В. В., Гаврилов Д. В. Металлургия Урала с древнейших времен до наших дней. М.: Наука, 2008. 886 с.
21. Юркин И. Н. Демидовы на пути к промышленной династии: стратегии обеспечения преемственности семейного дела // Уральский исторический вестник. 2021. № 3 (72). С. 81-90.
22. Панасенков В. Н. Металлург Павел Аносов. Жизнь и трагическая судьба // Национальные приоритеты России. 2021. № 1 (40). С. 34-38.
23. Васина И. И. Исторические аспекты развития тяжелой промышленности Уральского региона России в XIX - начале XX вв. // Сборник статей XX Международной научно-практической конференции. 2019. С. 105-107.
24. Менделеев Д. И. Уральская железная промышленность в 1899 году : по отчетам о поездке, совершенной С. Вуколовым, К. Егоровым, П. Земятченским и др. / Д. И. Менделеев, Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2006. 873 с.

25. Леонтьев Л. И., Цуканов В. В., Смирнова Д. Л. Роль Д. К. Чернова в создании и развитии учения о современной металлургии и металловедении. Часть 2. Научно-практическое подтверждение идей Д. К. Чернова // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2020. Т. 63. № 11-12. С. 873-877.
26. Леонтьев Л. И. История металлургии Урала // Наука в России. 2009. №4. С. 97-102.

## REFERENCES

1. Anokhov I. V. "The origin and development of metallurgy", *Actual trends in the development of the world economy: materials of the international* (Scientific-practical. Conf., March 15-16, Part 2). 2016, Irkutsk, pp. 53-59.
2. Kashuba, M. T. & Kulkov, M. A. 2021, *From a meteorite to a cry. Iron III - the first half of the 1st millennium BC in Eastern Europe. Volume 1. Historiography, Database-1, the beginning of new research: a collective monograph*, St. Petersburg, Berlin.
3. Tulush, D. K. 2017, "Ancient metallurgy of Tuva: history of research and modern prospects", *Scientific Review of Sayano-Altai*, no. 1 (17), pp. 48-52.
4. Avilova, L. I. 2008, *Metal of the Middle East: Models of Production in the Eneolithic, Early and Middle Bronze Age*, Monuments of historical thought, Moscow.
5. Chernykh, E. N. 2005, "Ways and models of the development of archaeometallurgy (Old and New Worlds)", *Russian Archaeology*, no. 4, pp. 49-60.
6. Avilova, L. I. 2009, "Metal production of ancient Anatolia: the specifics of the region", *Brief reports of the Institute of Archeology*, no. 223, pp. 48-87.
7. Chernykh, E. N. & Vengerov, A. B. 1987, *The structure of the normative system in ancient societies (methodological aspect). From pre-class societies to early class ones*, Moscow.
8. Avilova, L. I., Antonova, E. V. & Teneishvili, T. O. 1999, "Metallurgical production in the southern zone of the Circumpontian metallurgical province in the Early Bronze Age", *Russian Archeology*, no. 1, pp. 51-66.
9. Chernykh, E. N. "Ancient metallurgy of the Eurasian steppes and China: the problem of interaction", *Northern Eurasia in the Anthropogene: man, paleotechnologies, geoecology, ethnology and anthropology. Materials of the All-Russian conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of Mikhail Mikhailovich Gerasimov*. 2007, pp. 276-284.
10. Kondratov, L. A. 2019, *Ferrous metallurgy. Connection of times*, Metallurgizdat, Moscow.
11. Tylecote, R. F. 1992, *A History of Metallurgy*, Institute of Materials.
12. Beckert, M. 1984, *Iron. Facts and legends*, Metallurgy, Moscow.
13. Mezenin, N. A. 1977, *Interestingly about iron*, Metallurgy, Moscow.
14. Epimakhov, A. V., "Metallurgy of the Bronze Age", *South Ural. From Arkaim to Magnitka* (Digest of articles), Chelyabinsk, 2020, pp. 5-28.
15. Grigoriev, S. A. 2000, "Metallurgical production in the Southern Urals in the Middle Bronze Age", *Ancient history of the Southern Trans-Urals*, vol. 1., pp. 444-523.

16. Golubev, O. V., Kochurov, S. S. & Chernousov, P. I. 2006, "Iron metallurgy and the chronology of civilization", *Ferrous metals*, no. 10, pp. 90-95.
17. Walter, A. I. 2014, *From the history of the arms capital of Russia and the Tula region*, Publishing House of TulGU, Tula.
18. Shatalov, R. L. 2011, *History and philosophy of metallurgy and metal processing*, Teploteknik, Moscow.
19. Yurkin, I. N. 2011, "Peter the Great and the Demidov family", *Tula local history almanac*, no. 8, pp. 108-116.
20. Alekseev, V. V. & Gavrilov, D. V. 2008 *Metallurgy of the Urals from ancient times to the present day*, Nauka, Moscow.
21. Yurkin, I. N. 2021, "Demidovs on the way to an industrial dynasty: strategies for ensuring the continuity of family business", *Ural Historical Bulletin*, no. 3 (72), pp. 81-90.
22. Panasenkov, V. N. 2021, "Metallurgist Pavel Anosov. Life and tragic fate", *National priorities of Russia*, no. 1 (40), pp. 34-38.
23. Vasina, I. I. "Historical aspects of the development of heavy industry in the Ural region of Russia in the XIX - early XX centuries", *XX International Scientific and Practical Conference. 2019*, pp. 105-107.
24. Mendeleev, D. I. 2006, *The Ural iron industry in 1899: according to reports on the trip*, Aqua-press, Yekaterinburg.
25. Leontiev, L. I., Tsukanov, V. V. & Smirnova, D. L. 2020, "The role of D. K. Chernov in the creation and development of the theory of modern metallurgy and metallurgy. Part 2. Scientific and practical confirmation of the ideas of D.K. Chernova", *News of higher educational institutions. Ferrous metallurgy*, vol. 63, no. 11-12, pp. 873-877.
26. Leontiev, L. I. 2009, "The history of metallurgy in the Urals", *Science in Russia*, no. 4, pp. 97-102.

Получено: 18.04.2022

Принято в печать: 8.12.2022