

В. В. Алексеев

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ ИМПЕРСКОЙ РОССИИ*

doi: 10.30759/1728-9718-2018-2(59)-6-12

УДК 94(470)

ББК 63.3(2)

Статья посвящена кардинальному вызову Российской империи эпохи перехода от традиционности к индустриальной современности, связанному с заменой водяного колеса паровым двигателем, что имело принципиальное значение для отечественной модернизации. Энергия водяных колес в совокупности с мускульными усилиями крепостных крестьян и домашних животных обеспечивала развитие российской экономики на уровне держав феодальной Европы, но в связи с совершившейся там промышленной революцией, базировавшейся на паровых двигателях, Россия начала катастрофически отставать. Технологический фактор стал одним из решающих условий отмены крепостного права и формирования новых производственных отношений, связанных с переходом от мануфактуры к фабрике, со строительством крупных заводов, железных дорог, морского и речного флотов, основанных на паровой тяге, с возникновением городов и рабочих поселков, складыванием капиталистического рынка и банковского сектора страны. В статье прослеживается долгий и мучительный процесс замены водяного двигателя паровым со всеми вытекающими отсюда социально-экономическими последствиями. Делается вывод о том, что кардинальный энергетический вызов наступающей индустриальной цивилизации не получил своевременного и должного ответа со стороны правящей элиты Российской империи и привел к катастрофе начала XX в.

Ключевые слова: *водяные двигатели, паровые двигатели, индустриальная цивилизация, промышленная революция, технологический фактор, энергетический вызов, уровень индустриализации, модернизация*

Энергоресурс всегда имел принципиальное значение в истории человечества, но масштабы и пути его использования неоднократно кардинально менялись. С позиций энергетического детерминизма мировую историю можно условно разделить на четыре эпохи. Первая характеризовалась мускульными усилиями человека и животных; вторая — использованием энергии воды и ветра; третья — овладением паровой энергией; четвертая — переключением на двигатели внутреннего сгорания и электромоторы. Каждая историческая общность по-своему и в разное время переходила от одной эпохи к другой. Вопрос о современных новациях в энергетической области в данной статье не рассматривается.

Наибольший интерес проблема энергетического вызова представляет при изучении перехода от традиционного к индустриальному обществу, поскольку масштабы и темпы

прироста энергопотребления, его значимость нарастали с неведомой ранее быстротой и определяли общественный прогресс. К данной проблеме обращались многие авторы, но преимущественно попутно с другими сюжетами или с констатацией результатов развития той или иной отрасли энергетики, что дает определенный материал для обобщения исторического опыта ответа России на энергетический вызов.¹ Между тем возникает много вопросов более широкого плана о значении и роли энергетики в общественном развитии. Когда и почему происходил переход от одного этапа энергопотребления к другому? Как он осознавался в обществе? Какие меры принимались по его осуществлению и к чему они привели на практике?

¹ См.: Алексеев В. В. Электрификация Сибири. Ч. 1: 1885–1950 гг. Новосибирск, 1973; Данилевский В. В. История гидросиловых установок России до XIX века. М.; Л., 1940; Дьяконова И. А. Нефть и уголь в энергетике царской России в международных сопоставлениях. М., 1999; Заозерская Е. И. У истоков крупного производства в русской промышленности XVI–XVII веков. М., 1970; Иголкин А. Источники энергии. Экономическая история (до начала XX века). М., 2001; Любомиров П. Г. Очерки по истории русской промышленности. М., 1947; Нестерук Ф. Я. Развитие гидроэнергетики СССР. М., 1963; Очерки истории техники в России с древнейших времен до 60-х годов XIX века. М., 1978; Соловьева А. М. Промышленная революция в России в XIX в. М., 1990; Тихонов Б. В. Каменноугольная промышленность и черная металлургия России во второй половине XIX в. М., 1988.

Алексеев Вениамин Васильевич — д.и.н., академик РАН, Институт истории и археологии УрО РАН (г. Екатеринбург)
E-mail: veniaminalekseev7@mail.ru

* Работа выполнена по проекту фундаментальных исследований Комплексной программы Уральского отделения РАН «Российские модернизации: исторические вызовы и механизмы их преодоления» (№18-6-6-37, рук. И. В. Побережников)

В задачу статьи входит постановка проблемы в ином ракурсе, который предполагает анализ энергетического вызова России в ходе ее имперской модернизации, когда осуществлялся переход от традиционных мускульных усилий людей и животных, от водяных двигателей к паровым, что имело принципиальное значение для вхождения в мировую индустриальную цивилизацию. Методологической основой статьи служит концепция модернизации, которая, с одной стороны, характеризует суть начального этапа перехода страны от традиционного к индустриальному обществу, а с другой — определяет принципиальную значимость энергетического фактора в этом переходе: кардинальная перестройка способа использования энергоресурсов стала одним из главных вызовов Запада для Российской империи.

С глубокой древности энергетический потенциал России характеризовался многочисленными водяными мельницами, появление которых относится к VI–IX вв.² В дальнейшем водяное колесо стало применяться в качестве двигателя для различных технических процессов. Особенно важную роль оно сыграло в производстве металлов. Начало строительства первого в России металлургического завода с «мельнишным» колесом (на р. Тулице) относят к 1632 г. Первую продукцию завод дал в 1636 г. К 1647 г. на той же реке было сооружено три плотины, на которых установили пять водяных колес общей мощностью около 50 л. с. Примечательно, что к тому же времени относится начало освоения уральских рек для целей металлургии. В 1633 г. в Предуралье был заложен Пыскорский казенный медеплавильный завод с плотинной и «мельнишным» водяным колесом, которое приводило в действие меха плавильных горнов.³

С переходом к доменной металлургии для строительства заводов предписывалось искать «пристойное» место на реках. Указом Петра I от 1698 г. было «велено... завести железные заводы» на уральских реках Тагиле и Нейве. На Невьянском заводе для приведения в действие заводских механизмов была построена плотина длиной 100 саженьей, на Каменском — в 50 саженьей.⁴ Эти заводы выдали первый чугун в конце 1701 г., что считается датой рождения уральской металлургии. В следующем

году Невьянский завод был передан в собственность Никите Демидову. Всего Демидовы построили на Урале 40 металлургических заводов, получивших широкую известность. С 1716 г. Демидовы первыми в России начали экспорт железа в Западную Европу, где оно, благодаря высокому качеству, завоевало мировую славу. Наиболее крупным и энергетически вооруженным был Екатеринбургский завод, пущенный в эксплуатацию в 1723 г. Он считался ведущим предприятием уральского горнозаводского комплекса и административным центром всей уральской горнозаводской промышленности. Завод обладал мощной по тому времени энергетической базой: он имел 50 верхнебойных водяных колес, которые приводили в действие 22 молота, 107 воздушных мехов и другое оборудование. Суммарная мощность гидротехнических сооружений завода в 1730-е гг. достигла 500 л. с., в то время как самый большой промышленный комплекс Западной Европы, находившийся на реке Сене вблизи Парижа, располагал мощностью только 150 л. с.⁵ Уральские гидротехнические сооружения соответствовали уровню лучших металлургических заводов Англии, Швеции, Германии. Примечательно, что уральские мастера научились строить плотины на больших реках, что еще не умели делать в Западной Европе.⁶

Главными акторами гидротехнического строительства выступали горнопромышленники при активной поддержке государства. Важную роль в данной связи сыграла Бергпривилегия (1719 г.), провозгласившая принцип «горной свободы» для всех сословий, которым разрешалось «во всех местах» искать и плавить разные металлы, «заводить металлургические заводы, им предоставлять обширные льготы и привилегии».⁷ Такая деятельность провозглашалась делом первостепенного государственного значения.

В первой половине XVIII в. на Урале было построено свыше 70 металлургических заводов, а во второй — более 100. Они имели заводские пруды и плотины. Водяные двигатели приводили в действие заводские механизмы и обеспечивали выплавку высококачественного металла. В результате Россия по производству черного металла вышла на первое место

² См.: Иголкин А. Указ. соч. С. 90.

³ См.: Кафенгауз Б. Б. История хозяйства Демидовых в XVIII–XIX вв. Опыт исследования по истории уральской металлургии. М.; Л., 1949. Т. 1. С. 425–436.

⁴ Там же. С. 72, 76.

⁵ См.: Струмилин С. Г. История черной металлургии в СССР. М., 1954. Т. 1. С. 421.

⁶ См. об этом подробнее: Алексеев В. В., Гаврилов Д. В. Металлургия Урала с древнейших времен до наших дней. М., 2008. С. 313.

⁷ Полный свод законов Российской империи — 1. Т. 5. № 3464. С. 670.

в мире и удерживала его до конца XVIII в. При этом Урал давал 4/5 русского чугуна и железа. XVIII столетие стало золотым веком уральской металлургии и ее гидроэнергетики. В целом, богатство и эффективное использование гидроресурсов позволили России удержаться в доиндустриальную эпоху на уровне экономического развития Западной Европы, что было нарушено с внедрением там парового двигателя и с развитием капитализма. Россия начала отставать. Конечно, гидроэнергия продолжала использоваться в России и после наступления эры паровой энергетики, но она уже не играла решающей роли в ее экономике. По данным В. В. Данилевского, в 1912 г. в стране насчитывалось 45 449 гидросиловых установок общей мощностью 636 856 л. с., две трети которых приходилось на водяные колеса.⁸

Старт принципиально новому этапу развития энергетики дала английская промышленная революция, в основе которой лежало изобретение парового двигателя и его активное внедрение в производство. Переход от вододвигательных двигателей к паровым стал энергетической революцией. В 1712 г. англичанин Т. Ньюкомен запустил «пароатмосферную машину» для откачки воды в руднике. К 1769 г. в Англии работало около 100 таких машин. Они получили распространение и в других странах. В том же году инженер Дж. Уатт построил машину, которая стала универсальным двигателем. По последним подсчетам английских ученых, в течение XVIII в. в их стране были произведены паровые машины всех типов мощностью 25–30 тыс. л. с.⁹ Они компенсировали ограниченные возможности водяного колеса, привели к высокой концентрации производства и рабочей силы в городах, к быстрому увеличению численности их населения, т. е. к развитию урбанизации. Это послужило началом механизации производства и роста производительности труда. За 1840–1896 гг. общая мощность паровых машин в мире увеличилась с 1,6 млн л. с. до 66,1 млн. Особенно бурно проходил этот процесс в последней трети XIX в., когда суммарная мощность стационарных паровых машин в силовом оборудовании промышленности развитых стран достигала почти 90 %.¹⁰ Мир вступил в новую стадию развития.

Россия же по ряду причин оказалась не готова к этому. Во-первых, она оставалась аграрной страной со слабо развитой промышленностью. Во-вторых, имела огромный резерв трудовых ресурсов в лице крепостных, обеспечивавших бесплатную рабочую силу. В-третьих, развитию промышленности в России препятствовал низкий образовательный уровень населения и засилье косного чиновничества. В-четвертых, российское законодательство не способствовало деловой инициативе и предприимчивости. Наконец, в-пятых, богатейшие природные ресурсы с лихвой обеспечивали запросы правящей элиты государства, которая не была остро заинтересована в новациях. Между тем Англия не только наращивала выпуск паровых машин, но и тщательно охраняла секреты их производства. В 1786 г. был запрещен вывоз таких машин за границу под страхом смертной казни,¹¹ что означало не просто коммерческую тайну, а энергетический вызов российской модернизации, которая не могла осуществлять промышленный переворот на базе водяных колес. Несмотря на то, что английский запрет со временем был отменен, Россия долгое время не могла преодолеть отставание в энергетической сфере.

Осознание в российском обществе сложившейся критической ситуации затянулось, хотя еще в конце XVIII в. русские мастеровые люди предпринимали попытки создать свои паровые машины. В 1766 г. Иван Ползунов построил на Алтае двухцилиндровую паровую машину непрерывного действия, но она оказалась очень громоздкой и вскоре вышла из строя, простояла в нерабочем состоянии более 10 лет, а затем была демонтирована. Повторение эксперимента не состоялось потому, что крепостническая система еще не требовала значительного повышения эффективности труда. Действующая паровая машина на Урале была сооружена в 1799 г. на Гумешевском медном руднике для водоотлива, а в 1817 г. на Полежаевском заводе Всеволожских были построены первые на Урале два парохода.¹²

Особая роль во внедрении паровых двигателей в промышленность России принадлежит уральским механикам Черепановым (Ефим и его сын Мирон). Они вышли из крепостных, приписанных к Выйскому заводу Демидовых. Начиная с 1820 г. Черепановы построили около

⁸ См.: Данилевский В. В. Указ. соч. С. 3.

⁹ См.: Иголкин А. Указ. соч. С. 161.

¹⁰ См.: Широков Г. К. Парадоксы эволюции капитализма. М., 1998. С. 47.

¹¹ Там же. С. 165.

¹² См.: Алексеев В. В., Гаврилов Д. В. Указ. соч. С. 373, 374.

20 паровых машин. В 1833–1834 гг. они создали первый в России паровоз, вошедший в историю как «сухопутный пароход», а также предложили для него рельсовый путь от Выйского завода до медного рудника, но это начинание не было поддержано: оно было заменено конной тягой по причине дешевизны традиционных способов транспортировки и косности заводской администрации.¹³ Хозяева заводов в погоне за прибылью пренебрегали сложной и дорогой паровой техникой, ориентируясь на водяное колесо и «ручную тягу». Такова была судьба многих изобретений, которые опередили свое время: они не получили развития в условиях традиционного общества.

Перелом произошел в середине XIX в., когда началось медленное, но систематическое наполнение промышленности паровыми двигателями. На одном из самых совершенных предприятий того времени — Петербургском Александровском литейно-механическом заводе — в 1828 г. было установлено три паровые машины общей мощностью 86 л. с., а к 1842 г. прибавилось еще столько же.¹⁴ В 1842 г. на 1 157 фабриках и заводах Москвы и Московской губернии было установлено всего 63 паровые машины.¹⁵ В 1820–1850-х гг. на приокских Выксунских железоделательных заводах было изготовлено 84 паровые машины общей мощностью 3,2 тыс. л. с.

Вначале паровая техника наиболее активно внедрялась на предприятиях обрабатывающей промышленности. К 1860 г. в текстильной отрасли сосредоточилось около 60 % мощности всех паровых двигателей обрабатывающей промышленности, что способствовало быстрому росту производительности труда. Значительно медленнее этот процесс шел в тяжелой промышленности, особенно в металлургии. На заводах Урала в 1861 г. из общей мощности двигателей 37 тыс. л. с. на долю паровых машин приходилось лишь 2,6 тыс. л. с. (т. е. около 7 %).¹⁶

Особого внимания заслуживает внедрение паровых двигателей на транспорте, что привело к подлинной революции. Первая в России железная дорога — Царскосельская —

была сооружена в 1836–1837 гг. К 1840 г. на территории страны было построено только 27 км железных дорог, в то время как в США — 12 779 км, а в Англии — 10 656 км.¹⁷ Первый пробный рейс парохода в России состоялся в 1815 г. Всего к середине 1830-х гг. на российских заводах было построено 52 парохода.¹⁸ Они не получили широкого распространения, так как труд бурлаков на российских реках (более полумиллиона человек) обходился дешевле. Торговый флот даже к началу XX в. насчитывал всего 745 пароходов и 2 293 парусных судна.¹⁹ Военный флот всех портов Российской империи накануне Крымской войны 1853–1856 гг. состоял из 446 судов, среди которых было лишь 65 паровых.²⁰ В результате флот потерпел сокрушительное поражение от паровой эскадры англо-французской эскадры, что заставило русскую элиту принимать экстренные меры в ответ на очередной энергетический вызов.

Во второй половине XIX в., после отмены крепостного права, ситуация в индустриальной сфере России стала меняться, но медленно, а энергетический вызов приобретал все большую остроту. В конце 1870-х гг. паровая энерговооруженность в текстильной промышленности России составляла 0,1 л. с. на одного рабочего. Как ни странно, но такой же уровень энерговооруженности был и на крупном машиностроительном предприятии — Коломенском заводе транспортного машиностроения. В целом по машиностроительной отрасли на долю паровой энергетики приходилось лишь 7 % общей мощности силовых установок.²¹ В металлургической промышленности по-прежнему преобладали водяные колеса. За 1860–1879 гг. удельный вес паровых двигателей в общей мощности силовых установок уральских заводов поднялся с 7 % до 23 %.²²

Понимание необходимости более эффективного ответа на обостряющийся энергетический вызов по мере развертывания модернизации углублялось, но масштабных государственных мер, за исключением ускоренного железнодорожного строительства, не предпринималось, так как социально-экономическая структура

¹³ См. об этом подробнее: Виргинский В. Черепановы. Алмата, 2015.

¹⁴ См.: Соловьева А. М. Указ. соч. С. 56.

¹⁵ См.: Ильинский Д. П., Иваницкий В. П. Очерк истории паровозостроительной и вагоностроительной промышленности. М., 1929. С. 13.

¹⁶ См.: Сигов О. П. Очерки по истории горнозаводской промышленности Урала. Свердловск, 1936. С. 87.

¹⁷ См.: Соловьева А. М. Железнодорожный транспорт России во второй половине XIX в. М., 1975. С. 20.

¹⁸ См.: Там же. С. 26.

¹⁹ См.: Тери Э. Экономическое преобразование России. М., 2008. С. 135.

²⁰ См.: Соловьева А. М. Промышленная революция... С. 91.

²¹ Там же. С. 171, 185, 187.

²² См.: Иголкин А. Указ. соч. С. 163.

государства с трудом адаптировалась к посткрепостническим условиям существования. Промышленники довольствовались мелкими усовершенствованиями на предприятиях, а крестьянское общество неохотно воспринимало новые ценности и не торопилось с их внедрением в жизнь.

С середины 1880-х гг., рост энерговооруженности резко ускорился. Открытый в 1889 г. Южно-Днепровский завод имел 168 паровых машин и турбин мощностью 16 тыс. л. с. В результате этого за первые шесть лет работы завода производительность труда возросла на 63,2 %. Численность рабочих Новороссийского металлургического завода за 1890–1899 гг. увеличилась на 13 %, а объем продукции вырос почти на 150 %. За тот же период на уральских металлургических заводах паровая мощность возросла на 10,5 %, а южные заводы обеспечили ее увеличение на 1 275 %.²³ В целом, за 1878–1900 гг. энерговооруженность крупной промышленности группы А выросла с 60,4 тыс. л. с. до 701 тыс. л. с., т. е. более чем в десять раз, а группы Б — с 78,3 тыс. л. с. до 593,9 тыс. л. с.²⁴

Революционизирующее значение имело внедрение паровой тяги на транспорте, который был принципиально важен в связи с большой протяженностью путей сообщения огромной страны и с созданием единого экономического пространства государства. К 1900 г. протяженность железных дорог России достигла 52,2 тыс. км.²⁵ На них действовало 13 280 паровых машин мощностью 3,3 млн л. с.²⁶ За 1881–1900 гг. численность речных пароходов в Европейской России увеличилась с 968 до 3 295. Однако в речном флоте еще оставалось почти 23 тыс. непаровых деревянных судов. Количество паровых судов морского и торгового флота за 1873–1901 гг. возросло со 150 до 745, а по тоннажу — в 6,4 раза.²⁷ В начале 1890-х гг. 90 % всей мощности паровой энергетики России было сосредоточено на транспорте (паровозы и пароходы), а на долю промышленности приходилось лишь 10 %, тогда как в Германии — 41 %, в Англии — 27,3 %, в США — 28,6 %.²⁸

В целом, по мере ускорения модернизации страны общая мощность ее паровых двигателей поднялась с 20 тыс. л. с. в 1840 г. до 3,1 млн л. с. в 1896 г. Однако она значительно отставала от передовых стран Европы. В Англии за тот же период этот показатель вырос с 620 тыс. л. с. до 14 млн л. с., а во всем мире — с 1,6 млн л. с. до 66,1 млн л. с.²⁹ Следовательно, Россия катастрофически отставала от внедрения паровой энергии в производство, что стало основной причиной ее технологической отсталости. При этом надо иметь в виду, что мир уже переходил от паровой машины к двигателям внутреннего сгорания и электромоторам.

Потребность в топливе для паровой энергетики возрастала с каждым годом, но она не удовлетворялась в полной мере, несмотря на большие запасы каменного угля и нефти в стране. А традиционный вид топлива уже не мог решить эту проблему, хотя даже в 1882 г. 62 % паровозов все еще использовали дрова. В 1884 г. один Волжский паровой флот сжег свыше 2 млн куб. саженей дров.³⁰ Каменный уголь приходилось завозить из Англии еще с 1715 г. Даже в 1866 г. доля импортного угля в России составляла 59,3 %.³¹ К 1900 г. она снизилась до 19,1 %.³²

У Российской империи был шанс воспользоваться своим преимуществом, поскольку она имела мировые запасы нефти и гидроэнергии. По добыче нефти страна вышла к рубежу веков на первое место в мире. Ее керосином освещались дворцы и тюрьмы всей Европы, а грядущая мировая война требовала много горючего для автомобилей, танков, самолетов. Но Россия не располагала технологиями использования двигателей внутреннего сгорания и сооружения крупных гидроэлектростанций.

Замедленная реакция России на энергетический вызов объясняется рядом причин. Во-первых, затяжным преобладанием в ее экономике аграрного производства, связанного преимущественно с мускульными усилиями человека и животных. Во-вторых, Россия переоценила возможности опоры на водяные двигатели феодальной эпохи, которые долгое время обеспечивали ее конкурентоспособность на уровне европейских держав. В-третьих, это было связано со слабым развитием народного

²³ См.: Соловьева А. М. Промышленная революция... С. 215, 218, 221.

²⁴ Там же. С. 345.

²⁵ См.: Мендельсон Л. А. Теория и история экономических кризисов и циклов. М., 1959. Т. 2. С. 406.

²⁶ См.: Соловьева А. М. Железнодорожный транспорт... С. 307.

²⁷ См.: Соловьева А. М. Промышленная революция... С. 239, 240.

²⁸ См.: Там же. С. 243.

²⁹ См.: Иголкин А. Указ. соч. С. 163.

³⁰ Там же. С. 173, 179.

³¹ См.: Бакулев Г. Д. Черная металлургия Юга России. М., 1953. С. 79.

³² См.: Дьяконова И. А. Указ. соч. С. 169.

образования и инженерной мысли, что вело к большому дефициту специалистов. В-четвертых, это объясняется плохой изученностью богатейших энергетических ресурсов страны.

В силу недостаточного развития паровой энергетики в России, в отличие от передовых стран Европы, продолжали широко использоваться мускульные усилия людей и животных. Этому способствовал быстрый рост населения и большое поголовье рабочего скота. В 1900 г. в Российской империи насчитывалось 16,8 млн лошадей,³³ а, по некоторым данным, к 1916 г. их численность достигла 38,2 млн голов, т. е. стала больше, чем в любой другой стране мира.³⁴

«Живой силы» в России было достаточно, а технических возможностей не хватало. Страна нуждалась не столько в возобновляющихся источниках энергии, которых было в изоби-

лии (гидроресурсы, «живая сила»), сколько в современных средствах их использования. Не было недостатка и в невозобновляемых источниках энергии (уголь, нефть, торф), но они были очень слабо изучены и не подготовлены к хозяйственному использованию. По политическим, экономическим, культурно-ментальным и другим причинам руководство страны не сумело всем этим оптимально распорядиться. Если в феодальную эпоху на базе водяных двигателей Россия успешно конкурировала с Западной Европой, то в капиталистический период, отставая в использовании паровых двигателей, она не смогла дать достойный ответ на энергетический вызов цивилизационной значимости. В результате к 1913 г. уровень индустриализации на душу населения России составил лишь 17,4 %, в то время как в целом по Европе — 45 %.³⁵

Veniamin V. Alexeyev

Doctor of Historical Sciences, Academician of the RAS, Institute of History and Archaeology, Ural Branch of the RAS (Russia, Ekaterinburg)

E-mail: veniaminalekseev7@mail.ru

THE ENERGY CHALLENGE FOR IMPERIAL RUSSIA

The article dwells on the cardinal challenge that Russian Empire faced in the time of its transition from traditional society to industrial modernity. This challenge engaged the replacement of the engines based on the waterpower by steam engines, which turned to be an innovation of fundamental importance for domestic modernization. The energy of water wheels, combined with the muscular efforts of the serf workers and domestic animals, ensured the development of the Russian economy at the equal level with the countries of the feudal time Europe, but by the epoch of the industrial revolution based on steam engines, Russia has been significantly lagging behind. The technological factor became one of the crucial prerequisites for the abolition of serfdom and shaping of new production relations connected with the transition from manufactory to factory, the emergence of large plants, railways, sea and river fleets based on steam energy, appearance of cities and workers' settlements, market and banking sectors of the country. The article traces a long and painful process of the waterpower engine replacement with a steam engine that ensued diverse social and economic consequences. The author concludes that the cardinal energy challenge of the advancing industrial civilization did not receive a timely and proper response from the ruling elite of the empire and led to the catastrophe of the early 20th century.

Keywords: *water engines, steam engines, industrial civilization, industrial revolution, technological factor, energy challenge, level of industrialization, modernization*

REFERENCES

Alekseyev V. V. *Elektrifikatsiya Sibiri* [Electrification of Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1973, part I, 312 p. (in Russ.).

Alekseyev V. V., Gavrilov D. V. *Metallurgiya Urala s drevneyshikh vremen do nashikh dney* [Metallurgy of the Urals from ancient times to the present day]. Moscow: Nauka Publ., 2008, 886 p. (in Russ.).

³³ См.: Соколов В. Н. Сельскохозяйственная политика советской власти. М., 1927. С. 88.

³⁴ См.: Народное хозяйство СССР в 1958 г. Статистический ежегодник. М., 1959. С. 445.

³⁵ См.: Кембриджская экономическая история Европы нового и новейшего времени. Т. 2. М., 2013. С. 107.

- Bakulev G. D. *Chornaya metallurgiya Yuga Rossii* [Black metallurgy of the South of Russia]. Moscow: Metallurgizdat Publ., 1953, 248 p. (in Russ.).
- Danilevskiy V. V. *Istoriya gidrosilovyykh ustanovok Rossii do XIX veka* [History of hydraulic power plants of Russia until the XIX century]. Moscow; Leningrad: Gosenergoizdat Publ., 1940, 263 p. (in Russ.).
- D'yakonova I. A. *Neft' i ugol' v energetike tsarskoy Rossii v mezhdunarodnykh sopo-stavleniyakh* [Oil and coal in the power industry of tsarist Russia in international comparisons]. Moscow: ROSSPEN Publ., 1999, 296 p. (in Russ.).
- Igolkin A. *Istochniki energii. Ekonomicheskaya istoriya (do nachala XX veka)* [Energy sources. Economic history (before the beginning of the 20th century)]. Moscow: IRI RAN Publ., 2001, 212 p. (in Russ.).
- Il'inskiy D. P., Ivanitskiy V. P. *Ocherk istorii parovozostroitel'noy i vagonostroitel'noy promyshlennosti* [Essay on the history of the locomotive and car building industry]. Moscow: Transpechat' NKPS Publ., 1929, 136 p. (in Russ.).
- Kafengauz B. B. *Istoriya khozyaystva Demidovykh v XVIII–XIX vv. Opyt issledovaniya po istorii ural'skoy metallurgii* [The history of the Demidovs' economy in the 18th–19th centuries. An essay of research on the history of the Urals metallurgy]. Moscow; Leningrad: AN SSSR Publ., 1949, vol. 1, 524 p. (in Russ.).
- Kembridzhskaya ekonomicheskaya istoriya Evropy novogo i noveyshego vremeni* [Cambridge economic history of Europe of new and modern times]. Moscow: Institut Gaydara Publ., 2013, vol. 2, 624 p. (in Russ.).
- Lyubomirov P. G. *Ocherki po istorii russkoy promyshlennosti* [Essays on the history of Russian industry]. Moscow: Gospolitizdat Publ., 1947, 760 p. (in Russ.).
- Mendel'son L. A. *Teoriya i istoriya ekonomicheskikh krizisov i tsiklov* [Theory and history of economic crises and cycles]. Moscow: Sotsekgiz Publ., 1959, vol. 2, 692 p. (in Russ.).
- Narodnoye khozyaystvo SSSR v 1958 g. Statisticheskii yezhegodnik* [The National Economy of the USSR in 1958. Statistical Yearbook]. Moscow: Gosudarstvennoye statisticheskoye izd-vo Publ., 1959, 959 p. (in Russ.).
- Nesteruk F. Ya. *Razvitiye gidroenergetiki SSSR* [The development of hydropower in the USSR]. Moscow: AN SSSR Publ., 1963, 384 p. (in Russ.).
- Ocherki istorii tekhniki v Rossii s drevneyshikh vremen do 60-kh godov XIX veka* [Essays of the history of technology in Russia from ancient times to 1860s]. Moscow: Nauka Publ., 1978, 375 p. (in Russ.).
- Shirokov G. K. *Paradoksy evolyutsii kapitalizma (Zapad i Vostok)* [Paradoxes of the evolution of capitalism (West and East)]. Moscow, 1998, 214 p. (in Russ.).
- Sigov O. P. *Ocherki po istorii gornozavodskoy promyshlennosti Urala* [Essays on the history of the mining industry of the Urals]. Sverdlovsk: Sverdl. obl. izd-vo Publ., 1936, 295 p. (in Russ.).
- Sokolov V. N. *Sel'skokhozyaystvennaya politika sovetskoy vlasti* [The agricultural policy of the Soviet government]. Moscow: Gos. izd. Publ., 1927. (in Russ.).
- Solov'yeva A. M. *Promyshlennaya revolyutsiya v Rossii v XIX v.* [The industrial revolution in Russia in the 19th century]. Moscow: Nauka Publ., 1990, 272 p. (in Russ.).
- Solov'yeva A. M. *Zheleznodorozhnyy transport Rossii vo vtoroy polovine XIX v.* [Railway transport of Russia in the second half of 19th century]. Moscow: Nauka Publ., 1975, 315 p. (in Russ.).
- Strumilin S. G. *Istoriya chernoy metallurgii v SSSR* [History of ferrous metallurgy in the USSR]. Moscow: AN SSSR Publ., 1954, vol. 1, 534 p. (in Russ.).
- Teri E. *Ekonomicheskoye preobrazovaniye Rossii* [Economic transformation of Russia]. Moscow: ROSSPEN Publ., 2008, 183 p. (in Russ.).
- Tikhonov B. V. *Kamennougol'naya promyshlennost' i chernaya metallurgiya Rossii vo vtoroy polovine XIX v.* [Coal industry and ferrous metallurgy of Russia in the second half of the 19th century]. Moscow: Nauka Publ., 1988, 275 p. (in Russ.).
- Virginskiy V. *Cherepanovy* [Cherepanovs]. Alma-Ata, 2015, 437 p. (in Russ.).
- Zaozerskaya E. I. *U istokov krupnogo proizvodstva v russkoy promyshlennosti XVI–XVII vekov* [At the origins of large-scale production in the Russian industry of the 16th–17th centuries]. Moscow: Nauka Publ., 1970, 476 p. (in Russ.).