

В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев, В.В. Врублевский

ИСТОКИ СТАНОВЛЕНИЯ НАУЧНОЙ ТЕМАТИКИ ИНСТИТУТА ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН УКРАИНЫ

Показаны итоги научно–производственной деятельности Института черной металлургии НАН Украины в 1939–1954 годах. Приведены исторические данные, направления и результаты работы Института по научно–техническому развитию черной металлургии.

За годы первой и второй пятилеток в СССР была преодолена разруха, порожденная гражданской войной и интервенцией, проведена техническая реконструкция предприятий и созданы крупные механизированные заводы, создана прочная материально–техническая база черной металлургии. Страна полностью освободилась от иностранной зависимости по металлу и вышла на одно из ведущих мест в мире по его производству, в том числе и по целому ряду марок высококачественной стали, идущей на нужды авто– и тракторостроения, авиационной и оборонной промышленности. ХУШ съезд ВКП(б) в марте 1939г. рассмотрел и утвердил третий пятилетний план развития народного хозяйства СССР, которым было предусмотрено дальнейшее повышение добычи топлива, выплавки чугуна и стали, производства проката. Металлурги должны были обеспечить увеличение объемов производства по чугуну – на 52%, стали – на 58%, проката – на 62% [1].

На пути осуществления этой задачи возникли значительные трудности. После бурного подъема в годы первой и второй пятилеток металлургия снизила темпы наращивания производства. Если в 1937г. по сравнению с 1932 годом выплавка стали возросла в три раза, то за период с 1938 до 1940г. всего лишь на 0,6%. Образовалась существенная диспропорция между уровнем развития черной металлургии и потребностью в металле народного хозяйства, в т.ч. оборонной промышленности. Замедление темпов развития черной металлургии было особенно опасным в условиях обострения международной обстановки. Обеспечить дальнейший подъем производства металла за счет форсирования работы агрегатов, интенсификации производственных процессов можно было только за счет развития научных основ металлургических процессов. Именно поэтому развитию металлургической науки уделялось особое внимание.

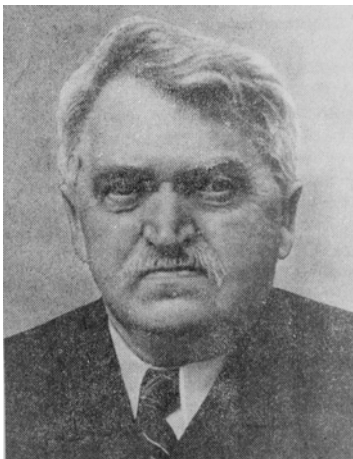
Еще в годы гражданской войны и иностранной интервенции был основан ряд научно–исследовательских институтов по основным разделам естествознания и техники, в том числе в области и черной металлургии. В 1920г. в Петрограде был основан научно–исследовательский и проектный институт механической обработки полезных ископаемых «Механобр». В дальнейшем организовали еще ряд институтов – «Стальпроект» (1924г.),

Гипромез (1926г.), «Гипросталь» (1928г.), «Гипрококс», «Гипроруда» и «Южгипроруда» (1931г.) и др. Развернутое в этот период огромное строительство промышленных предприятий требовало создания системы научно-исследовательских и проектных организаций.

В тридцатые годы научные исследования в области черной металлургии проводились, в основном, в Украинском научно-исследовательском институте металлов, который был создан в 1928г. в Харькове и являлся единственным институтом общеметаллургического профиля. Стремясь расширить диапазон исследований в области черной металлургии, направить эту отрасль по интенсивному пути развития, правительство предприняло решительные шаги, направленные на укрепление металлургической науки. В 1939г. был создан Институт металлов АН СССР (ныне имени А.А. Байкова), в 1944г. – Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии – ЦНИИЧМ (ныне имени И.П. Бардина), в 1943г. – Центральный институт научно-технической информации черной металлургии.

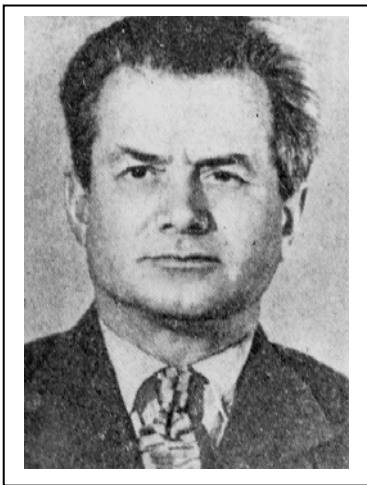
9 декабря 1939г. был основан Институт черной металлургии Академии наук УССР с базированием в Харькове. Организации института металлургического профиля в системе Академии наук УССР предшествовало ее пополнение в том же году рядом ученых-металлургов. В феврале 1939г, академиками АН УССР были избраны М.В. Луговцов, Н.Н. Доброхотов, В.Н. Свечников, Г.В. Курдюмов; членами-корреспондентами – В.Е. Васильев, П.Т. Емельяненко. Эти ученые, а также И.Н. Францевич (член-корреспондент АН УССР с 1934г.) возглавили основные отделы вновь созданного института.

Организация работы ИЧМ АН УССР была поручена его первому директору академику АН УССР М.В. Луговцову. Это был видный ученый, который внес весомый вклад в развитие отечественной металлургии. Выпускник Екатеринославского горного института, М.В. Луговцов долгое время работал инженером на металлургических заводах Донбасса. Под его руководством в 1921г. был восстановлен и реконструирован Юзовский (ныне Донецкий) металлургический завод. В 1925г., работая техническим директором Макеевского комбината, М.В. Луговцов возглавил его реконструкцию. Разработанный под его руководством проект был принят съездом профессоров и главных инженеров «Югостали», в работе которого принимали участие известные металлурги и ученые М.А. Павлов, И.П. Бардин, В.Е. Грум-Гржимайло. Американская делегация, посетившая в предвоенные годы этот завод, заявила, что «невозможно судить о развитии металлургической техники, не побывав в Макеевке». Именно здесь под руководством М.В. Луговцова была задута в 1928г. первая в Советском Союзе мощная по тому времени механизированная доменная печь № 4.



зования керченских руд.

Заместителем по научной работе Института черной металлургии назначен член–корреспондент АН УССР кандидат химических наук И.Н. Францевич.



Академик АН УССР М.В. Луговцов.

Первый директор Института черной металлургии. В 1931–1937гг. возглавлял доменную группу объединения «Сталь» и руководил доменным производством Юга и Центра СССР. В 1937г. М.В. Луговцов был назначен руководителем доменной группы Украинского научно–исследовательского института металлов. В 1939г. М.В. Луговцов избран действительным членом АН УССР и назначен директором Института черной металлургии.

За работу по исследованию и внедрению в доменном производстве магнезиальных шлаков М.В. Луговцову была присуждена премия имени Чернова. Выполнил цикл исследований, связанных с проблемой исполь-

Член–корреспондент АН УССР И.Н. Францевич (с 1961г.– академик АН УССР). Ученая степень доктора химических наук была присуждена И.Н. Францевичу в 1961г.

Таким образом, разрозненные в своей деятельности группы ученых–металлургов, работавших на Украине, были объединены в организационно цельное научно–исследовательское учреждение – Институт черной металлургии АН УССР. Территориально Институт базировался в нескольких городах: в Харькове (с численностью 38 штатных единиц) находились отделы доменный

(руководитель М.В. Луговцов) и металловедения (руководитель И.Н. Францевич); в Днепропетровске (с численностью 23 штатных единицы) находились отделы сталеплавильный (руководитель Н.Н. Доброхотов), металловедения (руководитель В.Н. Свечников), прокатный (руководитель П.Т. Емельяненко). В Киеве находился отдел общей металлургии (руководитель В.Е. Васильев).

В Харькове в составе ИЧМ для оказания помощи промышленным

предприятиям и внедрения научных исследований была организована «арбитражная лаборатория», позже переименованная в лабораторию контроля и внедрения (ЛКВ). Число сотрудников в этой лаборатории достигало в разное время пятидесяти человек. Лаборатория оказала существенную помощь институту, особенно в развертывании трудоемких работ, в частности, связанных с изучением металлургического сырья.

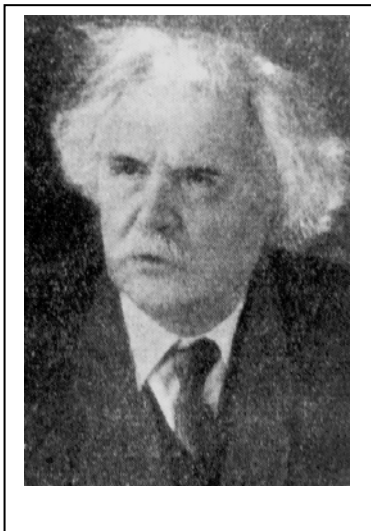
Оперативно начал работу химико–аналитический отдел, которым руководил проф. П.М. Милославский. В составе этого отдела была организована хозрасчетная химико–аналитическая лаборатория «контрольного назначения». Она выполняла до 40000 определений в год, оказав большую помощь промышленным предприятиям Харькова.

Предполагалось, что первые исследования институт будет проводить, используя аппаратуру и оборудование других научных учреждений (Украинмета, ДМетИ, КПИ и др.). При этом руководству института удалось получить от Наркомата химической промышленности укомплектованную рентгеновскую лабораторию, руководителем которой стал Н.Д. Борисов. В лаборатории изучалась структура рентгеновских эмиссионных и абсорбционных спектров химических соединений и влияние на их структуру природы химической связи.

Программа работ ИЧМ, несмотря на молодость института, была широка и актуальна, что можно объяснить опытом, инициативностью и масштабностью деятельности ученых, которые возглавили отделы института. Кроме вопросов, связанных с использованием керченских руд, изучались процессы производства железного порошка (чл.–корр. АН УССР И.Н. Францевич), совершенствовалась технология выплавки мартеновской стали и конструкции мартеновских печей (акад. АН УССР Н.Н. Доброхотов). Металловеды института, начиная с 1939г., вели исследования превращений в сталях при изотермическом нагревании их в области субкритических температур. При этом было замечено возникновение на границах зерен феррита новой фазы – тонкой прослойки промежуточной фазы, отличной от третичного цементита. Первое сообщение об этом было сделано уже известным в то время ученым В.Н. Свечниковым на сессии отделения физико–химических и технических наук АН УССР в 1940г., а также на конференции по стахановским методам термической, обработки черных металлов в Ленинграде (июнь 1941г.).

В.Н. Свечников закончил в 1917г. Петроградский политехнический институт и дипломное задание выполнил под руководством видного металлурга А.А. Байкова. Поработав затем на заводах Урала и Сибири, а также в Днепропетровске на заводе имени Г.И. Петровского, В.Н. Свечников в 1929г. полностью переходит на научную и преподавательскую работу сначала в качестве заведующего кафедрой металлографии Донского политехнического института в Новочеркасске, а с 1934 по 1938г. – кафедрой металлостроения в ДМетИ. В довоенные годы

В.Н. Свечников выполнил исследование влияния азота на свойства стали. Эта работа после опубликования в «Журнале Русского металлургического общества» была перепечатана французскими, американскими и немецкими журналами, являясь первым фундаментальным исследованием на указанную тему. В работе было показано отрицательное влияние азота на механические свойства стали, особенно бессемеровской, из которой изготавливались рельсы и другие ответственные изделия. В.Н. Свечникову принадлежит также немало работ, направленных на улучшение качества прокатных валков. В результате внедрения этих работ в производство стойкость валков была существенно повышена.



Академик АН УССР В.Н. Свечников. Руководитель отдела металловедения Института черной металлургии (г. Днепропетровск, 1940г.).

В киевской группе ИЧМ, возглавляемой членом–корреспондентом АН УССР В.Е. Васильевым, изучалась работа доменных печей на устойчивых шлаках.



Член корреспондент АН УССР В.Е. Васильев. Руководитель отдела общей металлургии (г. Киев) Института черной металлургии. В.Е. Васильев (1890–1956) закончил в 1914г. Киевский политехнический институт, работал на заводах Урала. С 1918г. вел научную и педагогическую деятельность в КПИ. В ИЧМ чл.– корр. АН УССР В.Е. Васильев работал с 1939 до 1949г.

Как известно, непостоянство условий плавки и состава шихты приводит к получению неустойчивых по свойствам шлаков и в результате – к выплавке чугуна переменного состава. Предложен-

ный В.Е. Васильевым способ плавки на устойчивых шлаках обеспечивает более ровный ход печи, меньший расход кокса, более высокую производительность и получение заданного по составу чугуна. Труды В.Е. Васильева нашли признание у советских доменщиков. В 1932г. 37-й Менделеевский съезд принял резолюцию о необходимости введения в доменную практику устойчивых шлаков. После войны в 1946г. в Магнитогорске Всесоюзное совещание доменщиков приняло решение об обязательном применении устойчивых магнезиальных шлаков.

В 1940г. Совнарком УССР, заслушав отчет Академии наук республики, предложил сконцентрировать внимание на важнейших проблемах, к числу которых было отнесено и использование кислорода в металлургии – одного из направлений, разрабатываемых в ИЧМ. Начало этой научной разработки было положено в 30-х годах в Институте химии АН УССР инж. Н.И. Мозговым под руководством академика АН УССР В.А. Плотникова и продолжена в ИЧМ научными работниками Н.А. Вороновой и К.Я. Маркевичем. Цель работы – получение высококачественного литейного чугуна за счет продувки его в ковше кислородом. В ИЧМ были получены малоуглеродистые перлитные чугуны с высокими механическими показателями прочности. Обрабатываемость металла при высокой его твердости была вполне удовлетворительной.

Широко развернул свою работу молодой Институт, однако начавшаяся война кардинально изменила направление его деятельности. 22 июня 1941г. мирный труд советских людей был нарушен вероломным нападением фашистской Германии. Согласно указанию Президиума АН УССР от 25 июня 1941г. Институт в сложных условиях военного времени принял срочные меры по перестройке своей работы с целью оказания максимальной помощи фронту. В июле–августе научные учреждения Академии наук Украины были эвакуированы на Восток, местом их пребывания была определена столица Башкирии г. Уфа. Однако в силу различных обстоятельств немало ученых ИЧМ оказалось в Свердловске, Магнитогорске, Ташкенте. Тем не менее, благодаря энергии М.В. Луговцова, научные силы института были в короткий срок объединены и мобилизованы на выполнение задач оборонного значения.

21 июля 1941г. в Уфе состоялось первое заседание Президиума АН УССР, на котором обсуждались вопросы организации работы учреждений академии для нужд обороны, а 30 июля Президиум АН УССР заслушал доклады директоров институтов об организации научно-исследовательской деятельности институтов и определил четкие формы и направления их работы. За короткое время украинские ученые установили тесные творческие связи с местными научными организациями и предприятиями. В октябре 1941г. при Президиуме АН УССР был создан Научно-технический комитет содействия обороне, который возглавил президент АН УССР академик А.А. Богомолец.

Металл в условиях войны стал важнейшим стратегическим материалом. «Сводка выплавки металла, – писала «Правда», – имеет прямое отношение к сообщениям Совинформбюро о положении на фронтах, ибо то, что сегодня выплавлено в мартенах, обжато на блюмингах, пропущено через валки прокатных станов, – завтра заговорит на фронте языком снарядов и пуль, мин и бомб». Требования к металлургической промышленности в годы войны неизмеримо возросли. Как писал в 1942г. академик А.Е. Ферсман, для ведения войны армией в 300 дивизий необходимо среднегодовое производство черных металлов в размере 30 миллионов тонн. Фашистская Германия, захватившая металлургию одиннадцати европейских стран, располагала в 1941г. мощностями для производства 30–35 млн.тонн стали в год. В СССР с потерей южного металлургического района мощности по производству металла в декабре 1941г. составляли лишь 4 млн.т в год. Поставки металла по ленд–лизу из США и Англии составляли в 1941–1944 гг. всего лишь 6,5% от внутреннего производства металла. Поэтому перед металлургами в годы войны стояла ответственная и трудная задача – мобилизовать все мощности черной металлургии на увеличение выпуска металла, усовершенствовать структуру отрасли, переклЮчить ряд предприятий на выпуск спецсталей, необходимых для производства танков, самолетов, боеприпасов, вооружения.

Потери черной металлургии были самыми большими по сравнению с другими отраслями промышленности. Остро ощущался недостаток топлива, сырья, материалов, продолжались невероятные трудности в развитии военной экономики. Решающую роль приобретало снабжение металлургических предприятий сырьем и топливом. Научные работники ИЧМ приняли деятельное участие в решении задач по расширению сырьевой базы металлургической промышленности. М.В.Луговцов продуктивно работал в комиссии АН СССР по мобилизации для нужд обороны ресурсов Урала, Западной Сибири, Казахстана и Узбекистана. Под руководством М.В.Луговцова разработаны технические предложения по строительству Узбекского металлургического завода и обеспечению его местной сырьевой базой. И.Н.Францевич и Н.А.Воронова выполнили работу «БАССР – сырьевая база металлургической промышленности Южного Урала», рукопись которой была принята Госпланом Башкирской АССР. В 1942г. в Свердловске на базе ИЧМ была создана химико–аналитическая лаборатория специального назначения – для обслуживания комплексных экспедиций Урала анализами руд. Руководил лабораторией доктор химических наук профессор В.Д.Вознесенский.

Важная разработка была выполнена сотрудниками отдела металлургии чугуна по определению влияния цинка на прочность кладки доменных печей. Еще в довоенные годы при использовании в шихте цинксо-держающих руд на печах Кузнецкого металлургического завода наблюдались разрывы кожухов шахт в результате разбухания шамотной футеров-

ки из-за отложений в ее швах, трещинах и порах цинка и углерода. В октябре 1942г. в шахте одной из печей этого завода образовалась сквозная диагональная трещина и возникла непосредственная угроза обрушения колошника. В бригаду ученых Академии наук СССР, расследовавшую причины аварии, вошли сотрудники ИЧМ АН УССР М.В.Луговцов, кандидат технических наук А.А.Сигов, инженер И.Б.Страшников. Ими был предложен ряд мероприятий, обеспечивающих надежную эксплуатацию кладки печей, проплавления цинксодержащих руды.

Первостепенное значение имели работы ИЧМ, направленные на радикальное усовершенствование на заводах Урала процесса производства и повышение качества стали. Руководитель сталеплавильного отдела института Н.Н.Доброхотов установил широкие и тесные связи с шестнадцатью



металлургическими заводами. Высоко эрудированный и авторитетный ученый, Н.Н.Доброхотов большую часть своего времени проводил на предприятиях, оказывая производственникам действенную оперативную помощь.

Академик АН УССР Н.Н.Доброхотов, возглавлял отдел металлургии стали ИЧМ в 1939–1954 гг.

Родился Н.Н.Доброхотов в 1889 г. в Арзамасе. В 1914 г. закончил Петербургский горный институт, работал на заводах, проводил большую научную и педагогическую деятельность в том же институте, затем Уральском политехническом. С 1935г. заведовал кафедрой металлургии стали в Днепропетровском

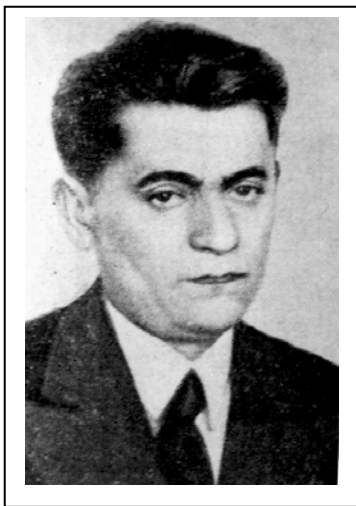
металлургическом институте. Научные исследования Н.Н.Доброхотова относятся к теории металлургических печей, выплавки, раскисления и разлива стали. Он выполнил ряд важных разработок в области применения термодинамики и кинетики в металлургии, улучшения теплового режима мартеновских печей, разработал методы использования природного газа в мартеновском производстве.

В 1942г. остро стоял вопрос выплавки броневой стали. Эта комплексная разработка выполнялась под руководством Н.Н.Доброхотова группой ведущих ученых института в составе В.Н.Свечникова, И.Н.Францевича, П.Т.Емельяненко и Г.В.Курдюмова на 16 оборонных предприятиях. За большую помощь танкостроительным заводам в усовершенствовании технологии выплавки броневой стали Н.Н.Доброхотов был отмечен приказом наркома танковой промышленности и награжден почетным знаком

отличника этого наркомата.

В условиях военного времени производство вооружения и боеприпасов решающим образом зависело также от пропускной способности станочного парка оборонных предприятий. В связи с этим особое значение приобрел вопрос минимальных припусков на обработку изделий, а также припусков, определяющих расход металла на заготовку. Необходимость выработки минимальных припусков вызывалась тем обстоятельством, что принятые припуски были в отдельных случаях исключительно велики. Например, для одного из типов артиллерийских стволов, имеющего в готовом виде максимальную толщину стенки 9 мм, применялась заготовка с толщиной стенки 24,5мм.

Чл.–корр. АН УССР П.Т.Емельяненко разработал метод расчета оптимальных геометрических параметров толстостенных труб, идущих на изготовление стволов артиллерийских орудий и минометов. Об объеме выполненной работы свидетельствуют следующие цифры: с помощью микрометров было произведено свыше 10 тыс. замеров, а обработка материалов исследования потребовала вычисления – при отсутствии в то время ЭВМ – более 100 тыс. величин. Внедрение результатов работы обеспечило возможность резкого увеличения производства стволов орудий и минометов. В 1943г. работа была удостоена Государственной премии СССР.



Член–корреспондент АН УССР
П.Т.Емельяненко.

Павел Терентьевич Емельяненко, закончив в 1931г. Днепропетровский металлургический институт, учился в аспирантуре, преподавал, а с 1940г. заведовал вновь созданной кафедрой трубопрокатного производства ДМетИ. В 1937г. П.Т.Емельяненко опубликовал капитальную монографию «Пильгерстаны», впервые в мировой литературе осветив обстоятельно и всесторонне все вопросы теории пильгерования, технологии производства труб на пильгерстанах, их конструирования и эксплуатации. П.Т.Емельяненко исследовал также ряд вопросов технологии косовалковой прокатки, разработал элементы теории про-

шивки в дисковом стане. Будучи избранным в 1939г. членом–корреспондентом АН УССР, П.Т.Емельяненко начинает работать в Днепропетровском филиале ИЧМ, особенно активно работает в институте в период его эвакуации на восток.

Находясь в эвакуации, ученые ИЧМ находили время и возможность оказывать техническую помощь местным предприятиям. И.Н.Францевич и Н.Д.Борисов организовали на Уфимском нефтеперегонном заводе рент-

геновский контроль продукции литейного цеха и сварочных работ, работали проект новой плавильной печи, который был принят и одобрен заводом. Чл.–корр. АН УССР В.Е.Васильев и канд. техн. наук К.И.Вашенко приняли деятельное участие в создании нового металлургического завода в Узбекистане, строительство которого в годы войны имело большое значение. В.Е. Васильев был одним из авторов проекта завода и решал вопросы, связанные с изысканием подходящего железорудного сырья и топлива. Учеными института был выполнен ряд и других важных работ. Среди них – разработка способа газовой цементации коленчатых валов авиамоторов, технология производства трубной авиационной стали «хромансиль», работа по увеличению стойкости штоков молотов.

Несмотря на крайне тяжелое положение, ученым Академии наук УССР оказывалась всемерная помощь в развитии научно–технической деятельности. Работникам ИЧМ была представлена возможность издания научных трудов. Следует отметить, что до войны в стране издавалось пять журналов, освещавших вопросы металлургического производства: «Металлург» и «Советская металлургия» (Ленинград), «Теория и практика металлургии», выходящий до этого под названием «Домез» (Днепропетровск), «Сталь» (Харьков) и «Уральская металлургия» (Свердловск). В конце 1940г. в Москве вместо этих журналов начал издаваться лишь один – «Сталь», орган Наркомчермета СССР. Во время войны журнал «Сталь» издавался в Свердловске в сокращенном объеме: как правило, это были сдвоенные номера. Поэтому возможность издания своих научных трудов была воспринята учеными ИЧМ с большим энтузиазмом. В июле 1942г. на заседании Ученого совета института было принято решение издать сборник трудов ИЧМ объемом 15–20 печатных листов. Ответственным за издание был назначен заместитель директора по научной работе И.Н.Францевич. Вскоре, благодаря успешным наступательным действиям Красной Армии, перед работниками ИЧМ встал вопрос о возвращении на Украину. Первый сборник «Труды Института черной металлургии АН УССР» был издан уже в Киеве в 1946г. в издательстве АН УССР. В редакционный совет сборника в разные годы входили Н.Н.Доброхотов, В.Н.Свечников, Г.В.Курдюмов, В.Е.Васильев, П.Т.Емельяненко, И.Н.Францевич, В.Д.Вознесенский, Г.И.Баталин, А.П.Чекмарев, М.П.Браун; ответственными редакторами были М.В.Луговцов и З.И.Некрасов.

В 1942 г., в грозное время, когда фашистские полчища рвались к Волге, угрожая Сталинграду, уже тогда проводилась работа, направленная на возрождение разрушенных врагом предприятий республики. Работала специальная комиссия во главе с президентом АН УССР А.А.Богомольцем, решавшая вопросы восстановления народного хозяйства. Особое внимание уделялось угольной, энергетической и металлургической промышленности. М.В.Луговцов выполнил научно–техническую

разработку «Основные направления восстановления доменных цехов Юга в связи с интенсификацией выплавки чугуна». Работа была доложена в 1943г. в Москве на февральской сессии Отделения технических наук АН УССР. В порядке подготовки к восстановлению коксохимической промышленности Донбасса М.В.Луговцовым в 1942г. были разработаны «Простейшие методы коксования».

Деятельность научных работников ИЧМ, как и всего коллектива ученых АН УССР, в годы Великой Отечественной войны получила высокую оценку Партии и Правительства. Более 20% сотрудников были удостоены высоких наград. Следует отметить, что вся многогранная работа Академии наук УССР в эвакуации проводилась небольшим в количественном отношении коллективом. На I февраля 1945г. академия наук республики насчитывала 42 действительных члена, 53 члена–корреспондента, 270 старших научных сотрудников. Небольшим коллективом трудились и ученые ИЧМ. С целью собрать воедино ученых Украины, которых военное лихолетье разбросало по разным городам Урала, Сибири и Азии, а также для организованного возвращения в родную республику, Совет Народных Комиссаров СССР 9 мая 1943г. принял постановление о переводе Академии наук УССР в Москву. В столицу из Уфы, а также из Свердловска, Магнитогорска и других городов прибыли сотрудники Института черной металлургии. Одним из актуальных в то время исследований была разработка технологии производства контактных металлокерамических сплавов, которые широко применялись на заводах Наркомата вооружения, как заменители красной меди и платины. Для оказания помощи промышленным предприятиям освобожденных городов Украины создавались специальные выездные бригады. Так, зимой 1943–1944 гг. работники ИЧМ организовали в Киеве и Харькове лаборатории для механического испытания материалов.

Резэвакуация Института черной металлургии из Москвы на Украину началась, как и всей Академии наук УССР, в марте–мае 1944г. Завершилась она практически только в октябре. Для ИЧМ, в отличие от других институтов, резэвакуация была сопряжена с некоторыми осложнениями. Пришлось решать необычный вопрос: куда, собственно, резэвакуироваться. До войны институт базировался в трех городах: Харькове, Днепропетровске и Киеве, причем собственной лабораторной базой ИЧМ, как известно, не располагал. Вопрос о месте базирования обсуждался на заседании Ученого совета ИЧМ еще в 1942г. в Уфе. Обсуждение вылилось в рассмотрение проблемы, имеющей принципиальный характер – каким быть институту. С одной стороны, для более тесной и живой связи с производством лабораторная база института, решающего вопросы развития черной металлургии, должна была располагаться в непосредственной близости от металлургических предприятий (Приднепровье, Донбасс). Однако в этом случае перед ИЧМ возникала, как полагали сотрудники инсти-

тута, реальная угроза превратиться в отраслевое учреждение, а такая перспектива, как выяснилось, не устраивала большинство научных работников. Ученый совет ИЧМ единодушно принял решение ходатайствовать перед Президиумом АН УССР о выборе Киева, как места постоянного базирования института, что обеспечивало непосредственную связь с руководством Академии. Следует отметить, что многие ученые ИЧМ не мыслили в то время своей научной работы без преподавания по совместительству в различных вузах. С этой точки зрения Киев также представлялся местом весьма перспективным.

Несмотря на трудности военного времени в 1944г. Академии наук УССР было ассигновано свыше 24 млн. рублей, что давало возможность приступить к широкому развороту работ по возобновлению научной деятельности на Украине и восстановлению лабораторной базы. Библиотека им. В.И.Ленина выделила для ИЧМ из своих фондов необходимую научно–техническую литературу. Почти все работники института для обзаведения на новом месте получили денежные ссуды (до 3000 руб на каждого работающего).

В разграбленном и разрушенном оккупантами Киеве сотрудники ИЧМ встретились с немалыми трудностями. Помещения были плохо приспособлены для научной работы. Отсутствовал водопровод, канализация, регулярное электроснабжение. Остро ощущалась нехватка материалов, доброкачественных реактивов и оборудования. Не было приборов и лабораторной мебели. Семьи сотрудников на первых порах поселялись в помещениях, отведенных под лаборатории. В дальнейшем, по мере обеспечения квартирами, эти помещения освобождались и использовались по назначению.

Несмотря на трудности, в 1945 году были выполнены значительные работы по оснащению института: введены в эксплуатацию лаборатории Г.В.Курдюмова, И.Н.Францевича, рентгеноспектральная (руководитель Н.Д.Борисов), кавитационная (руководитель И.Г.Полоцкий). Институт приобрел четыре мощных электровыпрямительных установки, прессы для механических испытаний материалов, лабораторные печи, станки для мастерской, тельфер, автотранспорт. Только за один 1945г. материальные ценности института увеличились более чем на 1 млн рублей. Лабораторная база института располагалась в здании на ул.Чкалова 55 б, однако некоторые подразделения (отдел спецсплавов, лаборатория порошковой металлургии) временно занимали корпуса на территории музейного городка в Лавре.

С окончанием войны борьба за металл не только не прекратилась, но вступила в новый, не менее сложный этап – необходимо было обеспечить металлом восстановление и дальнейшее развитие народного хозяйства. Под руководством М.В.Луговцова была начата работа большого народно–хозяйственного значения: «Основные направления восстановления и ре-

конструкции доменных цехов УССР и Юга СССР».

Особенностью послевоенной тематики института явился комплексный подход к изучению сложных вопросов. В решении проблемы улучшения качества строительных и конструкционных сталей принимали участие отделы сталеплавильный, металловедения и физхимии металлургических процессов. В своей научной деятельности институт стремился наладить творческие контакты с различными металлургическими предприятиями, а также машиностроительными заводами Киева, Харькова, Ворошиловграда, Днепропетровска, многими институтами и министерствами. Ученые ИЧМ систематически сотрудничали со специалистами металлургических предприятий, активно участвовали в восстановлении народного хозяйства. «География» поездок была весьма широка: города Сталино (М.В.Луговцов, И.Б.Страшников, Н.Н.Доброхотов), Запорожье (Г.И.Баталин, И.Г.Лукавченко), Бежица (Н.Н.Доброхотов, Г.П.Пухнаревич), Тагил (П.С.Бакшеев), Одесса, Никополь (А.П.Чекмарев, П.В.Фирсов) и др.

Интенсивную работу проводил сталеплавильный отдел, который возглавлял Н.Н.Доброхотов. В частности, решались вопросы повышения качества стали за счет выбора оптимальных режимов разливки металла. Рассматривая теоретические аспекты металлургии стали, ученые института обращаются к проблемам, касающимся динамики диффузионных процессов, термодинамики, процессов затвердевания отливок. Особенно большое внимание в сталеплавильном отделе уделялось вопросам интенсификации процессов мартеновского производства. Одним из резервов повышения производительности мартеновских печей является организация рационального факела пламени в плавильном пространстве печи. Исследованием условий его образования занимался Г.П.Пухнаревич.

Как в военные, так и в послевоенные годы в Институте черной металлургии систематически проводились исследования в области литейного производства, которые были сосредоточены в лаборатории высококачественного чугуна. Основное направление деятельности этого подразделения состояло в разработке способов использования чугуна с высокими литейными и механическими свойствами, полученного методом продувки жидкого металла кислородом, внедоменной десульфурации, рациональной технологии выплавки и выбора оптимального химического состава. Опыты по замене воздуха кислородом при продувке жидкого чугуна в вагранке и конвертере были начаты еще в довоенное время. Этот способ позволил в ряде случаев произвести замену некоторых стальных деталей литыми чугунами, что дало не только экономический эффект, но и существенную экономию металла. Так, при изготовлении коленчатых валов судовых паровых машин обычно применялись стальные поковки, имевшие настолько большие припуски, что в стружку уходило до 70% металла. Замена их чугуном литьем дала при обработке только одной валовой

линии уменьшение потерь металла в количестве 5 тонн. Лабораторией высококачественного чугуна был выполнен также цикл работ, направленных на получение износостойчивого металла. В 1946г. в ИЧМ разработали технологию производства чугуна, хорошо работающего на износ в условиях трения при ударных нагрузках, в частности для изготовления мелющих тел шаровых мельниц. С этой целью был найден надлежащий химический состав чугуна, разработана технология литья. В результате получили износостойкие шары, отлитые из халиловского (природнолегированного) чугуна, обработанного кислородом. Износ таких шаров оказался в десять раз ниже износа шаров из серого и в три раза ниже износа шаров из белого чугуна. В этой лаборатории проводились также эксперименты по внедоменной десульфурации чугуна. Было, например, показано, что о помощью цериевого сплава можно осуществить глубокую десульфурацию чугуна в ковшах, снижая содержание серы в металле до 0,003–0,004%.

Немало интересных работ выполнили в послевоенные годы металлоседы ИЧМ. Академик АН УССР Г.В.Курдюмов исследовал свойства конструкционных сталей, в которых легирующие элементы находятся в сравнительно небольших количествах. Доктор техн.наук проф. В.Н.Гриднев (с 1967г. – академик АН УССР) изучал структурные изменения при нагреве мягких сталей в области субкритических температур. Акад. АН УССР В.Н.Свечников занимался вопросом качества стальных труб, отлитых центробежным способом, а чл.–корр. АН УССР И.Н.Францевич – механическими свойствами судостроительной стали.

Штат Института черной металлургии в то время был невелик. В 1947г., например, число сотрудников в институте составляло всего 147 человек, из них 40 – в лаборатории контроля и внедрения (расформирована в конце 1955г.) и 30 – в организованных в том же году экспериментально–производственных мастерских. Еще находясь в эвакуации и обсуждая вопрос, каким быть институту, ученые ИЧМ были единодушны во мнении – институт должен быть академическим. Между тем, на протяжении всей своей деятельности научные работники института решали многие вопросы практического характера, связанные с насущными нуждами отрасли и присущие отраслевому научному учреждению. Тематика доменного отдела фактически полностью соответствовала актуальным проблемам производства чугуна, при этом ученые нередко занимались текущими вопросами работы печей, в частности, выявлением обстоятельств прорыва горна доменной печи завода «Запорожсталь», предотвращением износа шамотной кладки, предупреждением взрыва газа в пылеуловителях и пр. Сталеплавильщики также решали конкретные задачи помощи мартеновским цехам, изучая стойкость печей, причины растрескивания керамических изделий в процессе сушки, разрабатывали методику изготовления литейных форм для стального литья.

Учеными института выполнялась и крупные теоретические разработки фундаментальных вопросов приращивания металлов в различных подразделениях. Глубина и широта проработки этих вопросов была такова, что в 1946г. из состава ИЧМ выделилась лаборатория металлофизики, которая вместе с лабораториями бывшего Днепропетровского физико-технического института образовала самостоятельную Лабораторию металлофизики АН УССР, директором которой был назначен академик АН УССР Г.В.Курдюмов. Здесь изучались физические явления, происходящие в процессе закалки и отпуска стали, при диффузии и кристаллизации металлов и сплавов. Комплекс исследований кинетики зарождения центров кристаллизации на твердой поверхности и в переохлажденных растворах, выполненных под руководством Г.В.Курдюмова, был в 1949г. удостоен Государственной премии СССР.



Академик АН УССР Г.В.Курдюмов.

Г.В.Курдюмов закончил в 1926г. Ленинградский политехнический институт, где в 1925–1932 гг. проводил научную и педагогическую деятельность. В 1932г. Г.В.Курдюмов переходит работать в Днепропетровский физико-технический институт Наркомтяжпрома. Здесь он руководил лабораторией фазовых превращений и разработал элементы теории закалки стали. Развитие этих идей в 1941–1946 гг. в ИЧМ АН УССР позволило Г.В.Курдюмову показать, что структурные превращения при закалке состоят в бездиффузионном полиморфном превращении. Углерод, растворенный в железе при высоких температурах, остается в растворе и при низких температурах, нарушая пространственное размещение атомов железа и увеличивая при этом твердость и прочность стали.

В марте 1955г. лаборатория металлофизики была реорганизована в Институт металлофизики АН УССР, куда перешли многие ученые, ранее трудившиеся в ИЧМ, в том числе академики АН УССР В.Н.Свечников, В.Н.Гриднев, доктора технических наук С.Д.Герцрикен, И.Г.Полоцкий.

В лабораториях Института черной металлургии родилось, развилось и выросло еще одно научно-техническое направление, которое приобрело большое народно-хозяйственное значение – создание новых материалов и технологических процессов изготовления на их основе изделий для удовлетворения нужд новой техники. В 1952г. из состава ИЧМ выделилась самостоятельная лаборатория специальных сплавов, которая в 1955г. была реорганизована в Институт металлокерамики и специальных сплавов АН УССР (теперь Ордена Трудового Красного Знамени Институт проблем

материаловедения АН УССР). С 1955г. до 1974г. его директором (с 1974г. – заведующим отделом) был один из основателей ИЧМ лауреат Государственных, премий СССР и УССР, Герой Социалистического Труда акад. АН УССР И.Н.Францевич.

Основные направления деятельности Института проблем материаловедения (исследования в области порошковой металлургии, создание материалов со специальными свойствами и др.) разрабатывались в ИЧМ с начала его основания. Первые исследования с целью получения железного порошка из прокатной окалины и рудного концентрата с помощью газообразного восстановителя (природного газа) проводились еще в 30–х годах М.В.Луговцовым и И.Н.Францевичем. В 1948–1951 гг. в ИЧМ был разработан и опробован в полупромышленном масштабе метод получения железного порошка, при котором прокатную окалину и рудный концентрат восстанавливали комбинированным восстановителем – конвертированным природным газом и твердым углеродом (И.Н.Францевич, И.Д.Радомысельский). Этот способ стал основой технологии производства высококачественного железного порошка на Броварском заводе порошковой металлургии.

Важнейшим направлением научно–исследовательских работ в области порошковой металлургии явилось создание металлокерамических изделий различного назначения, а также изучение их химических, физических и механических свойств применительно к режимам эксплуатации в машиностроении, электротехнике, атомной энергетике, авиационной и ракетной технике. За эту работу группа научных сотрудников ИЧМ (И.Н.Францевич, А.А.Абнидер, В.А.Разумовский) была удостоена Государственной премии СССР в 1951г.

В 1939–1952 гг. в ИЧМ были выполнены многочисленные работы по изучению равновесия в системах, образованных компонентами специальных сплавов, с построением соответствующих диаграмм состояния (В.Н.Свечников, В.Н.Еременко). Работы эти были продолжены в Институте проблем материаловедения АН УССР, который в настоящее время является головной организацией по вопросам порошковой металлургии и ряду других проблем.

Следует отметить, что ведущие ученые ИЧМ проводили большую научно–исследовательскую и педагогическую деятельность во многих вузах и научных учреждениях. Академик АН УССР Н.Н.Доброхотов в 1949–1952 гг. был директором вновь организованного Института использования газа в коммунальном хозяйстве и промышленности АН УССР (с 1963г. – Институт газа АН УССР). Одно из научных направлений в этом институте возглавлял также бывший сотрудник ИЧМ А.А. Сигов.

Начиная с 1944г. в ИЧМ были сосредоточены научные исследования и в области литейного производства, при этом немало внимания уделялось разработке технологии литья отливок для металлургического оборудо-

дования. В дальнейшем это направление исследований было продолжено в созданном в 1958г. Институте литейного производства АН УССР (с 1963г. – Институт проблем литья АН УССР, а ныне Физико–технический институт металлов и сплавов НАН Украины). Первый директор этого института академик АН УССР В.А.Ефимов начинал свою научную деятельность в ИЧМ.

Следует отметить, что не всегда научные идеи Института заканчивались успешным внедрением в производстве. В послевоенные годы в практику отечественного доменного производства активно начала внедряться новая технология плавки – с использованием в шихте офлюсованного агломерата. Замена обычного агломерата офлюсованным позволяет повысить производительность доменной печи и снизить расход кокса за счет полного или частичного вывода из доменной шихты сырого известняка. В 1946г. М.В.Луговцов предложил офлюсовывать агломерат мелом. Еще в 1936г. им было предложено использовать мел для получения кальцинированного кокса, при этом было переработано около 5000т мела. Реализация идеи «мелового» агломерата представлялась весьма перспективной, и доменщики ИЧМ приложили немало усилий для её осуществления. Была разработана технология спекания и получения агломерата с удовлетворительными металлургическими свойствами. На заводе имени Ф.Э.Дзержинского провели опытную доменную плавку, которая показала хорошие результаты. Однако, несмотря на казавшиеся вполне очевидными преимущества мела перед известняком (практически неограниченные запасы, невысокая себестоимость, низкая прочность при измельчении), тем не менее, промышленного применения мел как флюсующая добавка не нашел. Сказался целый ряд сложностей, связанных с транспортировкой мела, его высокой влажностью, трудностью дозирования, слеживаемостью в бункерах и другими отрицательными свойствами, вынудившими металлургов отказаться от этой флюсующей добавки.

Анализируя деятельность Института черной металлургии в послевоенные годы, необходимо отметить и некоторые недостатки в организации и структуре его научных подразделений. Существенным недочетом было отсутствие в составе института отдела, решающего вопросы прокатного производства. Чл.–корр. АН УССР П.Т.Емельяненко, специалист по трубoproкатному производству, в 1945г. возглавил соответствующую лабораторию ЦНИИЧМ, и хотя номинально числился в штате ИЧМ, фактически был больше занят в Москве, чем в Киеве. Вскоре этот талантливый ученый заболел и после тяжелой продолжительной болезни скончался на сорок втором году жизни. В 1948г. прокатный отдел ИЧМ в Днепропетровске возглавил А.П.Чекмарев.

Долгое время в ИЧМ не было строгой системы и в организации металлургической науки: в 1950г. в институте по специальности металлургии и термической обработки вели исследования шесть отделов и само-

стоятельных лабораторий – отделы спецсплавов (И.Н.Францевич), металлургии (В.В.Сенников) в термической и электроискровой обработке (К.Ф.Стародубов), лаборатории порошковой металлургии (И.Н.Францевич), металлографии (К.П.Бунин), рентгеноструктурного анализа (Н.Д.Борисов).

Не было в ИЧМ и научного подразделения, которое решало бы проблеме механизации и автоматизации металлургических агрегатов. Лишь в 1954г. была организована соответствующая лаборатория, руководителем которой стал чл.–корр. АН УССР С.Н.Кожевников.

Для обеспечения учреждений Академии наук УССР высококвалифицированными кадрами в 1948г. Академия пополнилась 25 действительными членами и 28 членами–корреспондентами АН УССР, в том числе известными металлургами – днепропетровцами А.П.Чекмаревым, К.Ф.Стародубовым, К.П.Буниным. Именно эти ученые, а несколько позже З.И. Некрасов и С.Н.Кожевников явились организаторами и руководителями Днепропетровского филиала ИЧМ, который стал ядром нового Института черной металлургии в Днепропетровске.

Вопрос об организации в Днепропетровске отделения института обсуждался на заседании у вице–президента АН УССР А.В.Палладина еще в 1945г., однако практическое решение он получил три года спустя, когда академик АН УССР А.П.Чекмарев возглавил новый прокатный отдел ИЧМ. В числе первых работников отдела были младшие научные сотрудники З.А.Риднер и А.П.Лаврентьев.

Начала работать металлографическая лаборатория под руководством члена–корреспондента АН УССР К.П.Бунина. В качестве старшего лаборанта в сентябре 1949г. начала здесь свою деятельность С.А.Федорова.

В 1948г. в составе Днепропетровского филиала ИЧМ была организована термическая лаборатория, которую возглавил член–корреспондент (с 1957г. – действительный член АН УССР) К.Ф.Стародубов. Создание этой лаборатории, которая позже, в марте 1950г., была реорганизована в отдел термической и электроискровой обработки металла, явилось весьма знаменательным событием не только в жизни института, но и отрасли: было положено начало разработке нового передела в черной металлургии – термической обработки проката в процессе его массового производства. Примечательным явилось то, что К.Ф.Стародубов, формируя штат лаборатории, первым из сотрудников пригласил не термиста, а прокатчика – молодого специалиста И.Г.Узлова, который в связи с этим был отозван в ИЧМ с Константиновского металлургического завода. В числе первых работников термической лаборатории был и младший научный сотрудник Б.П.Колесник.

В 1951г. членами–корреспондентами АН УССР были избраны еще два металлурга–днепропетровца – З.И.Некрасов и С.Н.Кожевников, которые в дальнейшем сыграли важную роль в развитии ИЧМ. З.И.Некрасов в

1951г. стал заместителем директора института по научной работе, сменив на этом посту академика АН УССР В.Н.Свечникова, а в 1952г. он стал директором ИЧМ. Одновременно З.И.Некрасов возглавил доменную лабораторию.



Член– корреспондент АН УССР З.И.Некрасов при назначении директором Института черной металлургии (с 1961г. –академик АН УССР)

Таким образом, филиал института в Днепропетровске не только возобновил свою работу, но стал быстро расти и развиваться. Начала свою деятельность аспирантура: в числе первых аспирантов по специальностям «обработка металлов давлени-

ем» были зачислены В.Д.Чехранов, В.А.Теряев, В.И.Мелешко, В.Л.Павлов; по металлургии чугуна – Ю.Т.Бажул, А.Г.Ульянов; по металловедению и термообработке – С.Н.Поляков, А.И.Яценко, Ю.Н.Пищик, Г.З.Ковальчук; по машиноведению – П.Я. Скичко, В.Ф.Пешат и др.

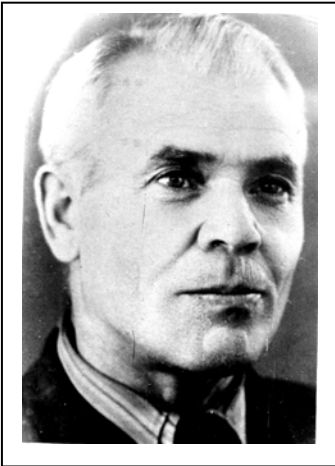
Число сотрудников филиала быстро росло как в результате притока молодых специалистов, в основном выпускников Днепропетровского металлургического института, так и за счет опытных научных работников кафедр ДМетИ и других вузов. В числе первых сотрудников филиала были Н.А.Гладков, Я.М.Ободан, В.М.Клименко, М.С.Мутьев, Н.П.Спиридонов, И.Г.Козенко.

Перед наукой вставали новые неотложные задачи – обеспечить технический прогресс черной металлургии, совершенствовать технологию производства, его автоматизацию и механизацию. Возникла необходимость в расширении научных исследований и углублении специализации науки, от которой настоятельно требовались рекомендации, обеспечивающие быстрый подъем производства. Исходя из этих соображений, в 1952г. Президиум Академии наук УССР принял решение о перебазировании Института черной металлургии ближе к металлургическим предприятиям – в Днепропетровск, а Совет Министров УССР постановлением №114 от 17 января 1953г. утвердил такое решение. В качестве важнейшей задачи Института определены научные исследования, разработка новых технологий и оказание научно–технической помощи металлургическим заводам [2].

Несомненно, это явилось знаменательным событием в истории ИЧМ. Институт расположился в центре развивающейся металлургии Юга и ученые ИЧМ оказали немалое содействие прогрессу металлургического про-

изводства. В эти годы на заводах Днепропетровщины разрабатывались многие технические и технологические новшества в области черной металлургии: на заводе им. Дзержинского осваивалась работа доменных печей с повышенным давлением колошникового газа, разрабатывался эффективный способ одновременной прокатки двух слитков; на заводе им. Петровского впервые в мире начали вдвухать в горн печи природный газ, а на заводе им. Дзержинского – в сочетании с обогащением дутья кислородом; на Криворожском металлургическом заводе им. В.И.Ленина строились и осваивались крупнейшие для своего времени доменные печи объемом 1719, 2000 и 2700м³. Во всех этих разработках и многих других приняли активное участие научные работники Института черной металлургии.

Перебазирование института в Днепропетровск не обошлось без существенных потерь, и в первую очередь – в квалифицированных кадрах. Остались в Киеве многие видные ученые и их ученики. Из кадровых сотрудников переехали в Днепропетровск и успешно продолжили научную работу всего несколько специалистов, в том числе кандидаты технических наук И.Б.Страшников и Н.А.Воронова.



Канд.техн.наук И.Б.Страшников, один из опынейших специалистов–доменщиков Института черной металлургии

Профессор, докт.техн.наук Н.А.Воронова, основатель технологии десульфурации чугуна гранулированным магнием.

Немалый урон в результате перебазирования понесла и лабораторная база института. Согласно распоряжениям Президиума АН УССР часть оборудования и инвентаря была передана другим институтам: электротехники, теплоэнергетики, горного дела и использования газа – в общей сложности на сумму свыше 20 тыс. рублей. При этом в 1954г. ИЧМ было выделено 50 тыс. рублей для перебазирования в Днепропетровск доменного и стале-



плавильного отделов.

В Днепропетровске решением Совета Министров УССР Институту был передан корпус на ул. Писаржевского 5, принадлежавший ранее химико–технологическому институту. Здание нуждалось в капитальном ремонте и существенной реконструкции. Таким образом, перед руководителями института и его ведущими учеными встала сложная задача – создать новый институт, способный поднять уровень металлургической науки, отвечающий нуждам развивающейся отечественной черной металлургии, укомплектованный высококвалифицированными научными кадрами и располагающий современной лабораторной базой.

Следует отметить также то обстоятельство, что в 1939–1953 гг. Институт черной металлургии сменил семь мест своего базирования (Харьков – Днепропетровск, – Киев – Уфа – Москва – Киев – Днепропетровск), что, естественно, не дало возможности создать собственную лабораторную базу. Несмотря на все эти трудности. Институт черной металлургии сумел сформироваться как признанное научно–исследовательское учреждение, внесшее заметный вклад в металлургическую науку и производство. Высокий научный уровень деятельности Института позволил создать новые перспективные направления в науке и организовать на их основе новые специализированные научные учреждения: Институт металлофизики АН УССР, Ордена Трудового Красного Знамени институт проблем материаловедения. Многие ученые ИЧМ (М.В.Луговцов, Н.Н.Доброхотов, В.Н.Свечников, И.Н.Францевич, В.Н.Гриднев, В.Г.Курдюмов, В.А., Ефимов, В.Е.Васильев и другие) вели также большую научную и педагогическую работу в других научно–исследовательских учреждениях и вузах.

Таким образом, в 1939–1953 гг. Институт черной металлургии АН УССР сформировался как самостоятельное научно–исследовательское учреждение, в котором трудились известные ученые– металлурги, немало сделавшие для развития отечественной черной металлургии. С организацией в 1948 году Днепропетровского филиала ИЧМ было заложено ядро института будущего, который стал в дальнейшем признанным в отрасли научно–исследовательским центром, возглавившим важнейшие направления развития черной металлургии страны.

1. *Развитие металлургии в Украинской ССР.* – Киев: Наук.думка, 1980.–960с.
2. *Научно–исследовательский центр массовой черной металлургии // Тематич.сб–к науч.тр. «Черная металлургия. Наука. Технология. Производство.»* Под ред. д.т.н. И.Г.Узлова. – М.: Металлургия. – 1989. – С.6–14.

Статья рекомендована к печати д.т.н. С.М.Жучковым