

ИНСТИТУТУ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ – 85 ЛЕТ

DOI: 10.1134/S0023117719060057

В 30-е годы прошлого века СССР начал активно заниматься индустриализацией, форсированными темпами решались вопросы развития промышленности, связанные с добычей и использованием полезных ископаемых, в первую очередь горючих ископаемых. Разведку и освоение топливных ресурсов возглавил крупнейший ученый — акад. И.М. Губкин. Наибольший интерес в то время представляли угли как главный источник энергии в конце XIX—начале XX века. По его инициативе были начаты фундаментальные исследования происхождения, состава и свойств твердых горючих ископаемых. Ископаемые угли — продукт преобразования различных растительных остатков под влиянием химических, биологических и физических факторов. Ввиду многообразия исходного растительного материала, условий его накопления и преобразования угли состоят из широкой гаммы природных органических материалов, являются термодинамически неустойчивой системой различных компонентов органического происхождения, отличающихся по морфологическому облику, физическим свойствам, химическому составу и реакционной способности, а также включают органо-минеральные и минеральные вещества. Получение данных о структуре углей, установление закономерностей, которым подчинена его реакционная способность, имеют не только фундаментальное, но и большое прикладное значение для создания технологий с целью получения продукции с новыми потребительскими свойствами или улучшенного качества.

Для обеспечения глубокого, комплексного подхода к проблеме изучения и рационального использования каустобиолитов решением Президиума АН СССР от 18 декабря 1934 г. на базе узкопрофильного Сапропелевого института и нескольких лабораторий других институтов в системе Академии наук СССР был организован Институт горючих ископаемых (ИГИ АН СССР), который стал головным институтом, проводящим и координирующим исследования в стране по геохимии, химии, строению и технологиям переработки всех видов твердых и жидких горючих ископаемых (нефти, углей, торфа, горючих сланцев и сапропелей). В задачи, решаемые институтом, также входили работы по созданию и внедрению технологий комплексного и рационального

использования твердых горючих ископаемых с получением продукции с новыми или улучшенными потребительскими свойствами.

На базе нескольких лабораторий ИГИ в системе АН СССР были организованы Институт нефти (в настоящее время Институт нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН), а также отделы в ЭНИН имени Г.М. Кржижановского и ОИВТ РАН.

В 1962 г. институт был передан из АН СССР в топливную отрасль, в настоящее время — это федеральное государственное унитарное предприятие в ведении Росимущества.

Предметом деятельности Института горючих ископаемых, в настоящее время ФГУП “Институт горючих ископаемых — научно-технический центр по комплексной переработке твердых горючих ископаемых” (ФГУП ИГИ), является изучение структуры, состава и свойств твердых горючих ископаемых (угли, торф, горючие сланцы, битуминозные пески и др.), отходов их добычи и обогащения, других углеродсодержащих отходов, в частности агро- и лесопромышленных комплексов, тяжелых нефтяных остатков, а также разработка инновационных конкурентоспособных процессов их переработки в продукцию с улучшенными или новыми потребительскими свойствами, но уже на новом уровне требований как науки, так и потребителей в России и за рубежом. Принципиально новые пути для химической переработки углей открывают методы химической модификации и активации углей физическими методами.

Совершенно очевидно, что результаты исследований в области химии, структуры и реакционной способности углей являются теоретической основой для разработки процессов их рационального использования. Знание состава и структуры углей, начиная от петрографической неоднородности до молекулярного и надмолекулярного уровня, реакционной способности углей в различных условиях, позволяет выделить из природного многообразия углей химически рациональное и экономически целесообразное сырье для конкретного направления переработки.

В ИГИ сформировались известные научные школы в основных областях изучения и использования твердых горючих ископаемых (ТГИ) под руководством чл.-корр. АН СССР Н.М. Каравае-

ва, чл.-корр. АН БССР Б.К. Климова, профессор Г.Л. Стадникова, В.И. Забавина, А.Ф. Луковникова, Р.Н. Смирнова, Е.И. Казакова (химия твердых горючих ископаемых и жидких продуктов их переработки), И.И. Аммосова и И.В. Еремина (происхождение, петрология и классификация углей), академика АН СССР Н.П. Чижевского, чл.-корр. АН СССР Л.М. Сапожникова, профессоров К.Н. Сыслова (коксование углей), В.И. Касаточкина (структура углей и углеродных материалов, физические методы изучения строения твердых горючих ископаемых), Т.А. Кухаренко (изучение гуминовых веществ), чл.-корр. АН СССР А.Б. Чернышева, академика АН УзССР Н.В. Лаврова, профессоров Б.В. Канторовича, В.С. Альтшуллера, Н.В. Шишаква (сжигание и газификация углей), И.Л. Фарберова, Р.Н. Питина (подземная газификация и производство углеродистых материалов), академика АН СССР В.П. Глушко, профессоров Л.В. Гурвича, В.А. Медведева (расчет термодинамических констант и равновесий химических реакций), И.Е. Кубынина (технология получения высокотемпературных материалов), А.З. Юровского (изучение и использование минеральных компонентов угля), А.В. Лозового, М.К. Дьяковой, А.А. Кричко (гидрогенизационные процессы переработки углей и угольных дистиллятов).

На основе фундаментальных исследований по происхождению и химии углей и нефти Г.Л. Стадников разработал естественную классификацию углей, подразделяющую их в зависимости от происхождения на классы, внутри которых выделены стадии превращения (химического изменения). С.М. Григорьев предложил классификацию всех типов газообразных, жидких и твердых горючих ископаемых, параметрами которой являются содержания С, Н, О. Эта классификация была уточнена Н.М. Караваевым с использованием дополнительного параметра (атомного отношения Н/С), определяющего направленность химических процессов образования ископаемых топлив.

В развитие этих работ И.И. Аммосовым и его учениками (И.В. Ереминым, Н.П. Гречишниковым, Г.С. Калмыковым, В.К. Прянишниковым, Т.М. Броневец, С.А. Мусял, Я.М. Аммосовой, Б.Г. Бабашкиным, Л.В. Шуляковской и др.) разработаны количественные методы оценки петрографического состава углей. Итогом многолетних исследований этого коллектива стала классификационная схема образования углей, учитывающая совокупное влияние на процесс основных геолого-генетических факторов (строение исходного растительного материала, условий накопления, обводненности, химического характера среды и метаморфизма). В результате была получена обширная и разносторонняя информация по взаимосвязи вещественного состава углей и их технологических свойств. На основании работ, ко-

ординируемых ИГИ, и проведенных во многих институтах СССР (ВУХИН, УХИН, ИОТТ, Кузнииугобогащение, КНИУИ, ВТИ, ПечорНИИ-проект и др.) и производственных геологических объединениях в содружестве с учеными других стран была разработана промышленно-генетическая классификация, позволяющая выбрать рациональные направления использования углей в энергетике, металлургии, химической и других отраслях промышленности. Позднее была создана Международная кодификация каменных углей и антрацитов, одобренная специалистами СССР, ЕЭК ООН, и разработан отечественный ГОСТ “Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим технологическим параметрам” (И.В. Еремин, Т.М. Броневец). На основе этих работ возникла возможность расширения сырьевой базы производства термоантрацитов за счет привлечения фюзинизированных тощих углей и антрацитов, подтвержденная промышленными испытаниями (И.В. Еремин, Г.Б. Скрипченко, М.И. Рогайлин, В.П. Иванов).

На основании Единой промышленно-генетической классификации углей, которая позволила заменить 17 бассейновых, была дана оценка обеспеченности коксохимической промышленности хорошо коксующимися углями и разработаны пути устранения дефицита углей марок КЖ, К, КО и ОС. Весомый вклад ученые ИГИ внесли в разработку методов прогноза коксуетности и расчета коксовых шихт, расширение сырьевой базы электродной промышленности. Эти работы нашли широкое признание и применение не только в нашей стране, но и в США, Японии и ряде других стран. Выполненные исследования позволили металлургам обеспечить стабильную работу металлургической промышленности СССР и России и исключить зависимость от зарубежного рынка, что особенно важно для сохранения экономической и оборонной безопасности страны.

Важная заслуга ученых ИГИ – это введение в международную практику оценки качества углей показателей коксуетности, что позволило вывести угли России из разряда “Горная масса” и считать их полноценными углями по Международной классификации. Была разработана методика определения толщины пластического слоя (Л.М. Сапожников), которая используется до сих пор в качестве критерия технологических классификаций каменных углей всех бассейнов России и стран СНГ.

Исследование генезиса, структуры и свойств углей, их преобразования при направленном, в том числе нетрадиционном воздействии различного вида энергии, является одним из главных направлений научной деятельности Института как основы выявления рационального использования твердых горючих ископаемых, оптимиза-

ции технологических параметров существующих и разрабатываемых процессов их переработки.

Цикл исследований по изучению углей физическими и физико-химическими методами и их поведения в термохимических процессах (В.И. Касаточкин с сотр.) явился основой новых методик изучения строения и свойств углей, продуктов их переработки, широко используемых в лабораториях других институтов, а также общей концепции химического строения углей. При этом структура органической части углей представляется как совокупность неоднородных по размерам конденсированных ароматических слоев углерода, связанных разнообразными радикалами насыщенной природы в пространственный полимер нерегулярного строения. В состав боковых радикалов входят разные углеводородные группировки с гетероатомами (кислорода, серы, азота). Предполагается также, что углеродные слои имеют относительно небольшие размеры и располагаются приблизительно параллельными пачками. Размеры пачек и слоев увеличиваются по ряду метаморфизма углей. Таким образом, высказано предположение о наличии углеродных связей с различной термической и химической устойчивостью, которые имеют валентные гибриды sp^2 (в ядре) и sp^3 (в боковых цепях). На основе этих представлений была открыта новая модификация углерода – карбин (соавтор открытия В.И. Касаточкин).

В дальнейшем эта гипотеза о строении угля была дополнена представлением об органических веществах углей как высокомолекулярных природных образования нерегулярного пространственного строения, структурные единицы которого представлены комплексом самоассоциированных композиций – “мультимеров” (А.А. Кричко, С.Г. Гагарин), а реакционная способность углей во многом определяется непрочными внутримолекулярными химическими связями и слабыми межмолекулярными взаимодействиями.

В последние годы успешно развиваются работы по уточнению структуры органических веществ ТГИ и моделированию оптимальных путей их термической переработки с привлечением современных методов квантовой химии, химической термодинамики и кинетики, а также статистического анализа (А.М. Гюльмалиев, С.Г. Гагарин). Разработаны математические модели важных стадий гидрогенизации, коксования, газификации и других процессов переработки ТГИ.

Значительный вклад внесли ученые ИГИ в разработку теории и научных основ гидрогенизации индивидуальных углеводородов, гетероатомных соединений и полимеров регулярного строения, моделирующих вещества органической массы угля (ОМУ); развитие теоретических основ и технологии гидрогенизации ТГИ под невысоким

давлением водорода, первичных угольных дистиллятов и нефтепродуктов в моторное горючее и сырье для органического синтеза; изучение химического состава продуктов гидрогенизации и восстановительной деструкции топлив, а также в области катализа технической химии угля. Под руководством А.А. Кричко впервые в мировой научной практике были проведены систематические исследования по гидрогенизации индивидуальных углеводородов (моно-, би- и полициклических), гетероатомных соединений и их смесей, определены относительные скорости реакций гидрирования, деструкции и конденсации в зависимости от строения исходных веществ и условий гидрогенизации при давлении водорода до 30 МПа. Сформулированы основные закономерности превращения высокомолекулярных соединений при гидрогенизации, главные из которых заключаются в обосновании протекания чередующихся реакций гидрирования полициклических ароматических углеводородов и деструкции неполных гидридов в более устойчивые обогащенные водородом низкомолекулярные соединения, накапливающиеся в продуктах реакций. На основании большого фактического материала А.А. Кричко и его учениками были созданы и внедрены в промышленность новый алюмопалладиевый катализатор и технология его производства для гидрооблагораживания жидких и газообразных продуктов пиролиза и получения бензина и бензола, который в настоящее время успешно применяется на всех промышленных установках страны по переработке жидких продуктов пиролиза нефтяного сырья.

Был выполнен комплекс исследований по глубокому изучению процессов гидроочистки, гидрокрекинга угольных дистиллятов в части разработки условий для практической реализации процессов, подбора соответствующих катализаторов и др. Исследования по гидрооблагораживанию угольных дистиллятов различного фракционного состава проводились с применением отечественных и зарубежных стационарных катализаторов на примере продуктов ожижения бурых углей Канско-Ачинского бассейна. Для этих целей применяли промышленные отечественные катализаторы, опытные образцы широкопористых катализаторов, синтезированные в Институте катализа СО РАН (катализаторы фирмы “Халдор Топсе”, Дания) и ВНИИНП (Б.К. Нефедов).

Применение вольфрам-никелевых сульфидных катализаторов, разработанных во ВНИИНП (М.В. Ландау), позволяет существенно интенсифицировать процесс гидрооблагораживания угольных продуктов как в отношении удаления гетероатомных соединений, так и гидрирования содержащихся в них ароматических углеводородов с целью получения доноров водорода для ожижения угля и высококачественного низко-

сернистого дизельного топлива стандарта Евро-2 (А.С. Малолетнев).

ИГИ совместно с ГрозНИИ и Грозгипро-нефтехим была разработана и внедрена технология полной переработки гудрона в дистиллятные продукты и достижения глубины переработки нефти на уровне 90% (А.А. Кричко, С.Н. Хаджиев, С.С. Макарьев). Дооборудование существующих НПЗ блоками переработки гудрона по данной технологии позволит существенно повысить производство товарных моторных топлив без увеличения объемов перерабатываемой нефти.

С активным участием ИГИ разработаны современные методики определения состава, физических, химических и технологических свойств углей (сланцев, торфов) и углесодержащих отходов их добычи и переработки, многие из которых тестированы и нашли широкое применение в России и за рубежом.

Большой вклад внесли ученые ИГИ в разработку твердых топлив для ракетных двигателей, некоторых материалов для ВМС, защитных материалов для нетеплостойкого оборудования, теплоизоляции спускаемых космических аппаратов (“Буран”) (Б.И. Лосев, Г.Б.Скрипченко и др.), а также в технологию извлечения германия из углей (М.Я. Шпирт, И.В. Тананаев, В.М. Ратынский, А.З. Юровский и др.).

В последние годы в Институте получили развитие работы по трем основным направлениям: производство продукции с новыми потребительскими свойствами; производство продукции и материалов нетопливного назначения из угля и углеотходов; повышение качества угольной продукции и их экономическая и экологическая оценка.

Разработаны научные основы синтеза и технология применения микрокомпозиций активных катализаторов (М.Я. Шпирт, А.А. Кричко, Л.А. Зекель), имеющих размеры частиц, соизмеримые с величиной ассоциатов угольных мультимеров. Применение таких каталитических систем позволяет, в частности, в 20–25 раз снизить количество молибдена при гидрогенизации угля и высококипящих нефтепродуктов в моторные топлива, уменьшить давление водорода в процессе с 15–20 до 5–7 МПа и существенно повысить экономическую эффективность указанных процессов. С учетом этих результатов разработан и подготовлен к промышленному внедрению (А.А. Кричко, М.К. Юлин, Е.Г. Горлов, В.А. Рубан, В.В. Заманов, Г.И. Петров и др.) процесс гидрогенизации углей, отличающийся от отечественных и зарубежных аналогов использованием существенно более низких давлений водорода (6–10 МПа, вместо 15–70 МПа), в десятки раз меньшей концентрацией катализатора в реакционной зоне, упрощенной технологией его регенерации

при высокой степени превращения органических веществ углей в компоненты моторных топлив. Процесс гидрогенизации углей по технологии ИГИ с целью получения химических продуктов, моторных, авиационных, дизельных и котельных топлив прошел опытно-промышленную апробацию на специально построенном заводе СТ-5 (5 т моторных топлив в сутки), который планировался в качестве опытного полигона стран-членов СЭВ. Выполнен проект и было начато сооружение опытно-промышленной установки СТ-75 производительностью 75–100 т угля в сутки на разрезе “Березовский” (А.А. Кричко, А.С. Арифудин, Е.Г. Горлов, Б.Н. Сметанников, В.К. Ильин и др.). Однако строительство не завершено. Совместно с Грозгипро-нефтехим, ГрозНИИ и другими организациями выполнены ТЭД и эскизная проработка аппаратуры для промышленного предприятия мощностью 3 млн т жидких продуктов в год (20 млн т угля/год). В последние годы выполнена технико-экономическая оценка величин капитальных вложений применительно к модульной установке производительностью 500 тыс. т жидких продуктов в год (3.6 млн т бурого угля в год).

Проведены работы по гидрогенизационной переработке углей Кузбасса, Якутии, Приморья, отходов производства полимеров и их смесей с углем (А.А. Кричко, А.С. Малолетнев) и остаточными нефтепродуктами. Совместно с “ГНЦ – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского” и промышленными предприятиями угольной промышленности в ИГИ разработаны научные основы и предложены оригинальные технические решения применения экологически безопасных источников ядерной энергии для тепло- и энергообеспечения переработки угля в жидкое топливо с применением ядерных реакторов типа БН (БОР-60, БН-350, БН-600).

Большое внимание уделяется такому перспективному направлению, как получение композиционных топлив или сырья для технологической переработки, в том числе водомазутных, водугольных, углеводомазутных и других композиционных суспензионных топлив (Е.Г. Горлов, Г.С. Ходаков с сотр.). Принципы технологии применения композиционных топлив в промышленности и энергетике были разработаны в ИГИ еще в 50–60-х годах прошлого столетия. Значительный вклад внесли ученые ИГИ (Б.В. Канторович, В.С. Альтшуллер, В.М. Иванов, Г.Н. Делягин и др.) в выявление закономерностей горения и газификации композиционных топлив. Прикладным следствием этих работ стали технологии газификации углей под давлением, сжигания водомазутных эмульсий, низкотемпературного окисления твердых органических веществ под давлением (10–15 МПа) в водной среде, а также не имеющая мировых аналогов технология пря-

моточной газификации бурых и каменных углей с сухим золошлакоудалением с использованием элементов оборудования ракетной техники, разработанная совместно с ЗАО “Компомаш–ТЭК”.

В этом процессе для газификации используют водоугольные суспензии с концентрацией твердого компонента $\geq 60\%$ и размером частиц угля ≤ 5 мкм. Разработана принципиально новая технология получения ВУС измельчением в вибромельнице или скоростным измельчителе (механоактиваторе) и затем в гидроударной мешалке с кавитационным эффектом.

Получаемая по этой технологии ВУС – это новый вид топлива с высокой калорийностью (до 6000 ккал/кг) и низкой зольностью (1–1.5%); удовлетворительной текучестью с показателем вязкости 144 сСт при $t = 30^\circ\text{C}$ высокой стабильностью (сохраняет структуру при хранении в продолжении не менее 1 года и при транспортировке автомобильным транспортом на расстояния не менее 500 км).

Эффективность данного процесса подтверждена опытно-промышленными испытаниями транспортировки ВУС на углепроводе Белово-Новосибирск и их сжигания на Новосибирской ТЭЦ-5 (Г.Н. Делягин, Г.С. Ходаков с сотр.). Сжигание композиционных топлив позволяет утилизировать сточные воды нефтеперерабатывающих производств, шахтные воды, рационально использовать угли мелких классов и таким образом решать экологические проблемы. Установлено, что при сжигании суспензионных топлив существенно снижаются выбросы оксидов азота и золы-уноса в атмосферу.

Разрабатываются технологии получения гранулированного и сортового топлива из угольной пыли и мелочи, а также брикетов из бурых углей без связующих материалов, в том числе из углей мелких классов (В.Г. Лурий, А.П. Фомин, Е.Г. Горлов). Брикеты, изготовленные по технологии, разработанной в ИГИ, позволяют в 4–5 раз снизить степень дымности по сравнению с рядовым бурым углем или брикетами со связующим. КПД топков возрастает на 20–35% по сравнению с рядовыми бурыми углями, или на 4–5% по сравнению с сортовым каменным углем или антрацитом. Кроме того, в качестве компонента таких композиционных топлив можно использовать различные органические отходы, в том числе отходы нефтеперерабатывающей, лесоперерабатывающей промышленности, твердые бытовые отходы и т.п.

Выполненные в ИГИ исследования по выявлению теоретических закономерностей термического растворения и гидрогенизации углей и жидких продуктов коксования привели к созданию и внедрению в промышленность ряда эффективных процессов, важных для нефтехимии

(А.А. Кричко, А.Б. Воль-Эпштейн), в частности для гидрооблагораживания газообразных и жидких продуктов пиролиза нефтепродуктов в производстве этилена, пропилена, бензола и компонентов моторных топлив. Разработан и подготовлен к реализации процесс переработки тяжелых нефтяных остатков в присутствии активирующих добавок (сланцы, цеолиты) с получением до 50% светлых нефтепродуктов или вяжущих материалов для строительства дорог (Е.Г. Горлов).

С участием специалистов ЗАО “Компомаш–ТЭК” разработана новая технология производства резинобитумных вяжущих для асфальтобетонных дорожных покрытий совместным термоллизом тяжелых нефтяных остатков с крошкой использованных резинотехнических изделий, которая отработана на опытно-промышленной установке в п. Кудепста (Сочи) мощностью 200 тыс. т в год.

На основе работ академика АН БССР Я.М. Паушкина и профессора Е.Г. Горлова разработаны научные основы процесса получения моторных топлив из растительных остатков, биомассы, торфа, бытовых и сельскохозяйственных отходов путем газификации сырья с последующим превращением синтез-газа в товарные продукты: компоненты моторных топлив, сырье для химической промышленности.

В содружестве с ЗАО “Компомаш–ТЭК” разработана не имеющая мировых аналогов комплексная технология утилизации отходов агропромышленного комплекса с переработкой целлюлозосодержащего растительного сырья в биоэтанол, кормовые добавки, органические удобрения, высококалорийные топливные брикеты.

В 1970–1990-х годах был выполнен цикл работ (Г.Б. Скрипченко, З.С. Смуткина, М.Е. Казаков) по изучению механизмов формирования, структуры и свойств волокнистых углеродных материалов, а также мезофазных структур угольных и пековых продуктов, предложены критерии оптимизации производства этих материалов, нашедших широкое применение. Разработана и внедрена технология производства композиционных углеродных материалов из углеродных тканей и волокон с пироуглеродной матрицей и подготовлен процесс покрытия композиционных материалов карбидом кремния (В.И. Рогайлин).

Углеродистые материалы (УГМ) и изделия из них (например, угольные и графитированные электроды) широко применяются в производстве стали, алюминия, полупроводниковых материалов, в атомной энергетике, авиации и т.п. Производство различных УГМ в настоящее время в основном обеспечено сырьевыми материалами природного и нефтяного происхождения. Строение и состав органической части спекающихся каменных углей и различное поведение их петро-

графических ингредиентов при термической обработке позволяют рассматривать каменные угли как композицию, содержащую одновременно и наполнитель, и связующее. Это послужило основанием для разработки технологии получения УГМ непосредственно из спекающихся углей и их смесей без применения каких-либо добавок. Прогрессивность технологического процесса изготовления УГМ на основе каменных углей по сравнению с существующим процессом состоит в замене дефицитных сырьевых материалов (мало-сернистый нефтяной и пековый коксы) на более дешевый уголь, а также упрощения технологического цикла. Кроме того, большое разнообразие свойств каменных углей расширяет возможности для получения материалов с различными физико-химическими свойствами.

Технология получения УГМ из концентратов спекающихся углей Донбасса и Кузбасса с зольностью не более 3.5% была опробована в опытном производстве. В настоящее время по предложенной технологии выпускается антифрикционный УГМ марки УГ-20. Этот материал обладает высокими физико-механическими и антифрикционными свойствами, высокой химической стойкостью и теплостойкостью, по своим характеристикам не уступая серийным УГМ. Материал УГ-20 поставлялся ряду предприятий в виде уплотнительных пластин для турбовоздуховодов, а также уплотнительных колец для химических аппаратов.

В ИГИ по оригинальным разработкам отечественных производителей видеоплат и программного обеспечения создана установка ИМИДЖ-анализа, предназначенная для анализа дисперсности систем уголь – жидкая фаза.

Работы, проведенные в ИГИ в содружестве с институтами АН СССР (ИОХ имени Н.Д. Зелинского, ИНХС имени А.В. Топчиева, ИВТ, ЭНИН имени Г.М. Кржижановского, ИХФ и др.) и отраслевыми институтами по изучению механизма и кинетики восстановительной деструкции ТГИ, а также поведению спекающихся и неспекающихся углей при нагревании, позволили более полно представить их строение и структуру и предложить новые технологии их переработки.

Разработан новый процесс непрерывного коксования (Л.М. Сапожников, Г.В. Сперанская, П.З. Шубеко, Г.И. Еник) с вовлечением углей, которые не могут быть использованы по традиционной технологии, в производство металлургического кокса. Разработана и подготовлена к промышленной реализации технология получения спекающей добавки нефтяного происхождения (А.И. Ольферт, А.П. Фомин, Ю.И. Нешин) для производства металлургического кокса из шихт с пониженным содержанием спекающихся углей. Предложены методы скоростной сушки мелко-

зернистого или пылевидного угля (Д.П. Зверев, А.А. Кричко, В.А. Рубан, Г.Б. Скрипченко, Т.С. Смирнова, А.Ф. Луковников), производства бездымного бытового топлива, в том числе брикетированием без связующего, получения транспортабельного топлива (“термоугля”) из бурых углей Канско-Ачинского бассейна. В настоящее время проводятся исследования по применению технологии скоростной сушки для шламов и взрывоопасных продуктов обогащения (В.А. Рубан, Г.Б. Скрипченко).

Совместно со специализированными организациями угольной промышленности был разработан новый метод структурной перестройки твердой угольной массы, позволяющий в 8–10 раз увеличить удельную поверхность и в 5–8 раз объем внутренних пор углей, а также получать на основе мелких классов (менее 10–13 мм) углей, в том числе высокзолых, энергетически и экологически эффективное топливо для коммунально-бытовых потребителей. Из таких углей путем гранулирования однородного по фракционному составу материала получено топливо для бытовых и малых промышленных котлоагрегатов, степень использования при сжигании органической части которого достигает 98–99% вне зависимости от его зольности (А.А. Кричко, А.П. Фомин). Доведен до стадии рабочего проекта процесс термического облагораживания и окускования бурых углей (Г.Б. Скрипченко, В.А. Рубан); разработан и предложен к освоению ряд процессов получения топлив для слоевых систем сжигания со связующими веществами и использования региональных органосодержащих отходов (А.П. Фомин, О.Г. Потапенко, В.Г. Лурый, Ю.И. Нешин); разрабатываются новые процессы сжигания и газификации высокзолых углей (А.А. Беляев).

Выявленные закономерности поведения органических веществ ТГИ при термообработке и методы получения из них сорбентов позволили предложить классификацию углей всех стадий метаморфизма в качестве сырьевой базы производства сорбентов различного назначения и разработать технологии их получения, в том числе без связующих (С.И. Суринова, М.А. Передерий с сотр.). Полученные из бурого угля мезопористые дробленые сорбенты высокоэффективны в очистке производственных и ливневых стоков от нефтепродуктов, красителей, ПАВ, пестицидов и для выделения из растворов цветных и благородных металлов. Модифицированный карбонизат может применяться для разделения воздуха с получением технически чистого азота при комнатной температуре. Разработаны технологии получения из слабоспекающихся газовых углей высококачественных гранулированных сорбентов и носителей катализаторов, в том числе сферической формы. Высокопрочные модифицирован-

ные сферические сорбенты используются в медицинской практике для эффективного удаления токсинов из крови и желудочно-кишечного тракта (С.И. Суринова, Н.М. Казначеева), а также представляют большой интерес для очистки от радионуклидов натриевого теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах (М.А. Передерий).

Разработаны технологии получения и применения безбалластных гуминовых препаратов (А.И. Кухаренко, А.Ф. Луковников, В.В. Родэ и др.), получаемых из бурых углей, в качестве стимуляторов роста растений и компонентов буровых растворов. Предложена и прошла опытную проверку новая безотходная технология очистки шахтных кислых и промышленных сточных вод с применением “гель-сорбента”, получаемого из бурых углей (Е.Б. Лесникова).

Исследования, проведенные под руководством А.З. Юровского, по определению форм соединений золообразующих элементов и микроэлементов в углях, нахождению закономерностей распределения в них минеральных компонентов и их поведению в процессах переработки углей и сланцев стали теоретической базой подготовки методов использования их органических и минеральных составляющих. Предложенная теория “раскрытия минералов” является основой разделения ТГИ на фракции различного состава. В частности, были разработаны процессы обогащения углей с получением концентратов с пониженным содержанием серы и минеральных веществ (химико-гравитационный, центробежный, сепарация в водном потоке, радиоизотопный). Некоторые из них внедрены в промышленность.

Выявлены (А.З. Юровский, В.М. Ратынский, Т.И. Сендульская, М.Я. Шпирт) основные типы распределения и формы соединений ряда микроэлементов (Ge, Mo, Au, Ga, редкоземельных элементов и др.). Найдены закономерности поведения минеральных компонентов при сжигании, гидрогенизации, газификации ТГИ и предложена методика расчетов суммарной эмиссии парниковых газов в процессах их добычи и переработки (М.Я. Шпирт, Н.В. Горюнова, Н.П. Краснобаева, Н.Н. Игнатова). На основе изучения минеральных веществ ТГИ России установлены рациональные направления использования твердых отходов добычи, обогащения, сжигания и газификации углей и сланцев для получения строительных материалов, концентратов для производства редких и рассеянных элементов, товарных соединений алюминия, нитридной керамики и других продуктов (Ю.В. Иткин, Л.А. Кост, Л.А. Зекель, И.Х. Володарский). Разработана модифицированная методика программы химической термодинамики гетерогенных систем, позволяющая рассчитывать состав продуктов с учетом удаления различных веществ из системы (М.Я. Шпирт,

Л.Н. Лебедева), дающая хорошо коррелируемые с экспериментом результаты, особенно для процессов, близких к равновесным, например получение оксида алюминия, нитрида кремния и силанов при термообработке углистых пород при 1400–1700°C (М.Я. Шпирт, Л.Н. Лебедева, Л.А. Кост, Н.Н. Новикова).

В содружестве с институтами Российской академии наук и специализированными организациями разработаны промышленные технологии переработки отходов добычи и переработки угля в товарную продукцию (М.Я. Шпирт, Ю.В. Иткин, Н.Н. Игнатова), некоторые из которых реализованы в промышленном масштабе. Внедрена в промышленном масштабе технология сжигания углей с получением золы-уноса, обогащенной Ge, и получением из нее товарной продукции (А.З. Юровский, В.М. Ратынский, М.Я. Шпирт). Подготовлены мероприятия по снижению до допустимых уровней неблагоприятных экологических воздействий, связанных с добычей и использованием углей.

Разработаны научные основы и технология газификации лигнитов с получением золы-уноса, обогащенной Ge (М.Я. Шпирт, Л.А. Кост, Е.Г. Горлов).

Сажа (технический углерод) – важный компонент для изготовления шин и резиносодержащих материалов, сырьем для производства сажи служат фракции каменноугольной смолы, вторичных нефтепродуктов и природный газ. В ИГИ был разработан двухступенчатый метод получения активной сажи из угля (В.И. Рогайлин, В.В. Малькова). На первой ступени мелкозернистый уголь нагревается до 750–800°C методом теплового удара, на второй – образовавшиеся газ и смола подвергаются пиролизу при 1250–1350°C с образованием сажи и горючего газа. Образующийся газ, содержащий до 85% водорода, может быть использован для промышленных синтезов метанола и аммиака. Так, из сапропелитового угля (73.1% C; 9.8% H) получено 32% сажи с удельной поверхностью 41 м²/дм³, масляным числом 0.4 л/г и зольностью 0.08%. Процесс был отработан на пилотной установке с организациями шинной промышленности (Ярославль, Омск). Для производства сажи указанным методом могут применяться изношенные шины, выход сажи из которых достигает 30%, а твердый коксовый остаток, обладающий адсорбционными свойствами, может быть использован для очистки промышленных сточных вод от примесей органических соединений, в том числе для полного удаления фенолов.

Предложены методики оценки экономической эффективности переработки ТГИ (И.П. Крапчин) для основных процессов переработки углей (гид-

рогенизации, газификации, коксования, утилизации твердых отходов и др.).

В ИГИ в течение ряда лет систематически проводится подготовка новых методик изучения петрографического, химического состава органических и минеральных веществ ТГИ, многие из которых подтверждены Госстандартом РФ и согласованы с соответствующей зарубежной документацией.

Испытательный центр ИГИ (И.В. Авгушевич), проводивший исследования состава и свойств ТГИ и продуктов их переработки, был аккредитован по ГОСТ Р в качестве технически компетентного и независимого центра. Результаты испытания углей, проводимые этим центром, признавались международным сообществом.

В Институте горючих ископаемых имелся ряд стендов и пилотных установок по исследованию и переработке углей, отнесенных Министерством образования и науки РФ к уникальному исследовательскому оборудованию.

Научные разработки ИГИ неоднократно отмечались государственными наградами.

Учитывая, что уголь — наиболее распространенный вид энергетических ресурсов в России,

находящийся на удаленном расстоянии от границ государства, в перспективе будет играть все большую роль в удовлетворении потребности страны как в топливе, так и технологическом сырье, создавая условия энергетической и экономической безопасности России, сотрудники ФГУП ИГИ обратились к руководству страны с предложением о создании Угলেখимического центра — Объединенный Институт горючих ископаемых, для разработки инновационных технологий добычи, переработки и использования ТГИ, которые позволят модернизировать угольную отрасль, обеспечить повышение экономики угольных регионов за счет создания новых рабочих мест, появления востребованной продукции на базе углей и улучшить социализацию населения.

Итоги исследований, выполненных в последние годы сотрудниками ИГИ, нашли отражение в многочисленных публикациях в отечественных и зарубежных изданиях, патентах и монографиях.

Несмотря на объективные трудности последних лет, сотрудники Института горючих ископаемых продолжают оставаться признанными лидерами в области угলেখимической науки.

А.Л. Лapidус, Е.Г. Горлов, М.Я. Шпирт, Г. Б. Скрипченко, Л.А. Кост