4.5. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УГОЛЬНОЙ ТЕМАТИКЕ

Т.С. Юсупов, Г.И. Грицко, В.И. Москвин

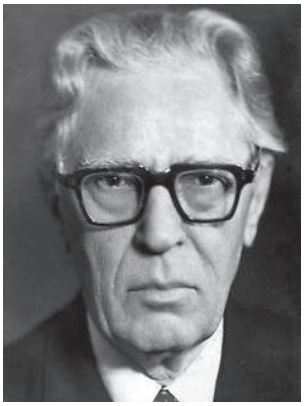
Одним из первых в Сибирском отделении Академии наук СССР развернул свою деятельность Горно-геологический институт Западно-Сибирского филиала АН СССР (распоряжение № 74 Организационного комитета Сибирского отделения АН СССР от 3 апреля 1958 г. «О передаче Института геологии ЗСФ АН в ведение Института геологии и геофизики СО АН СССР»). Институт геологии выделился из Горно-геологического института 7 мая 1957 г. в составе пяти лабораторий общей численностью 80 чел. Лабораторию геологии угля возглавил известный специалист в области геологии угольных месторождений Иван Николаевич Звонарёв, под руководством которого в Кузбассе были разведаны Осиновское и Байдаевское месторождения углей марок «Ж» и «Г», в результате чего стало возможным в 10 раз увеличить сырьевую базу Кузнецкого металлургического комбината. В состав лаборатории влился также существовавший с 1950 г. кабинет углепетрографии, организованный талантливым углепетрографом и большим знатоком углей Западной и Восточной Сибири Алексеем Борисовичем Травиным.

Научные разработки были начаты в 1957 г. и планировались к окончанию в 1960–1961 гг. Исследования проводились по трем темам:

- история формирования угленосных отложений;
- фациальные типы углей Западной Сибири и Красноярского края;
- германий в углях Западной Сибири и Красноярского края.

В результате проведенных исследований в 1958 г. установлен избирательный характер накопления германия в блестящих структурных и скрытоструктурных разностях углей, не подвергшихся первичному окислению. Разработан петрографический экспресс-метод оценки обогатимости углей под микроскопом (исп. А.Б. Травин).

Опыт работы сотрудников лаборатории в Кузбассе показал, что знание закономерностей изменения петрографического состава углей по площади и



И.Н. Звонарёв

на глубине играет главную роль в прогнозах и обосновании направлений поисков и промышленного освоения месторождений бассейна. Поэтому с 1957 г. началась подготовка «Атласа микроструктур углей Кузнецкого бассейна». К этому моменту произошло значительное кадровое пополнение лаборатории. Из треста «Кузбассуглегеология» (г. Ленинск-Кузнецкий) в институт перешел главный геолог треста к.г.-м.н. Эммануил Моисеевич Сендерзон (впоследствии д.г.-м.н., профессор). Он внес большой творческий и организационный вклад в открытие месторождений коксующихся углей в Ленинском, Беловском, Ерунаковском, Терсинском и Кемеровском районах, а также в разведку и вовлечение в эксплуатацию одной из наиболее богатых угленосных провинций Кузбасса — Томь-Усинского района. Э.М. Сендерзон был энтузиастом открытой добычи углей в Кузбассе и много сделал для прогресса этого вида угледобычи (были подготовлены для разработки открытым способом уникальные месторождения с мощными пластами в Кемеровском, Бочадском и Прокопьевско-Киселевском районах).

Работая в институте, Э.М. Сендерзон сохранил тесные творческие связи с производственными предприятиями Кузбасса. Им выполнены региональные исследования закономерностей угленакопления в Сибири, разработана геолого-промышленная классификация угольных бассейнов, учитывающая не только генетические особенности, но и промышленно-экономические факторы оценки их ресурсов. Широкую известность получили оригинальные работы Э.М. Сендерзона по вопросам геотермии Кузнецкого бассейна, происхождению ритмичности осадконакопления в угленосных толщах, метаморфизму углей. В последние годы жизни под руководством Э.М. Сендерзона выполнен цикл методических исследований и подготовлено руководство по методике разведки угольных месторождений. Результаты его исследований заняли важное место в капитальных коллективных работах лаборатории.

После окончания аспирантуры в Томском политехническом институте в коллектив влились кандидаты наук Вадим Петрович Шорин и Владимир Федорович Шугуров, ставшие специалистами в изучении органических и минеральных компонентов углей. Несколько позднее из Лаборатории геологии угля АН СССР (г. Ленинград) в институт перешел к.г.-м.н. Иван Иванович Шарудо, известный знаток угольных месторождений юга Дальнего Востока.

В 1961 г. был сдан отчет «Атлас типов углей Кузбасса» (соруководители А.Б. Травин и Э.М. Сендерзон), на основе которого в 1966 г. под редакцией И.Н. Звонарёва вышла фундаментальная монография «Атлас верхнепалеозойских углей Кузнецкого бассейна (Атлас микроструктур, строение пластов, состав, качество, условия образования, распространение)». По широте и глубине проработки материалов подобных монографий нет для других угленосных бассейнов Сибири и Дальнего Востока. От лаборатории геологии угля ИГиГ в качестве исполнителей участвовали А.Б. Травин, Э.М. Сендерзон, В.П. Шорин, В.Ф. Шугуров и Т.С. Юсупов, от Западно-Сибирского геологического управления — Т.А. Громова и Е.Е. Иванькова.

С 1959 г. в лаборатории в рамках проблемы «Закономерности размещения ископаемых углей в земной коре как основа для их прогноза на террито-

Э.М. Сендерзон

рии СССР» разрабатывались две темы: «История формирования угленосных отложений Западной Сибири и Красноярского края» (отв. исполнители И.Н. Звонарёв, Э.М. Сендерзон) и «Фациальные типы углей Западной Сибири» (отв. исполнитель А.Б. Травин). Материалы этих исследований широко использованы в 5-м и 7-м томах «Геологии месторождений угля и горючих сланцев СССР». Главным редактором Кузбасской серии государственных геологических карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 являлся И.Н. Звонарёв.

В последующие годы по заданию Совмина СССР были продолжены исследования по теме «История угленакопления и формирования ископаемых углей в районах Сибири и Дальнего Востока». В 1962 г. А.Б. Гуревич сдал в Красноярское геологическое управление отчет «Условия образования и угленосность верхнепалеозойских отложений Норильского района». Исследования к.г.-м.н. И.И. Шарудо в период 1960–1964 гг. касались в основном реконструкции позднемезозойского этапа угленакопления на территории Дальнего Востока. В 1964 г. вышла его монография «Геологическое строение и условия накопления меловых угленосных отложений Сучанского бассейна», а в 1965 г. — «Состав и условия накопления меловых угленосных отложений Суйфунского бассейна», первая сводка по угленосности этого бассейна с экзотическими рабдописситовыми углями. В 1964 г. закончен раздел по карбоновому этапу угленакопления Кузбасса, составлены макеты палеогеографических карт, карт угленосности с элементами прогноза (отв. исполнители И.Н. Звонарёв и Э.М. Сендерзон).

С целью углубленного изучения разделимости микрокомпонентов и обогащения углей на работу был приглашен инженер-обогатитель Талгат Сунгатулович Юсупов, в дальнейшем д.т.н., профессор, многие годы возглавлявший в ИГиГ отдел физических и химических методов анализа (общеинститутские лаборатории) и лабораторию разделения минералов.

Коллективом были выполнены крупные работы по изучению закономерностей угленакопления: размещению и оценке ресурсов ископаемых углей Сибири, разработке схем тектонического районирования Кузнецкого бассейна, геолого-промышленной классификации угольных месторождений и другим проблемам.

Результаты указанных исследований опубликованы в престижных изданиях (Атлас среднепалеозойских углей..., 1966; Атлас литолого-палеогеографических карт СССР, 1968; Геология месторождений угля..., 1970; и др.).

Большая работа проводилась по координации исследований в рамках программы «Закономерности размещения ископаемых углей в земной коре», по которой около 10 лет действовала межведомственная комиссия.

Отдельным крупным направлением являлись углепетрографические исследования, включающие изучение генезиса, состава и качества углей и влияния указанных факторов на химические, физические и технологические свойства. Практически все свойства угля определяются микрокомпонентным составом и характером метаморфизма. Первый фактор включает рассмотрение таких процессов углеобразования, как витринизация и фюзени-

В.Ф. Шугуров спускается с рабочими в шахту. 1958 г.

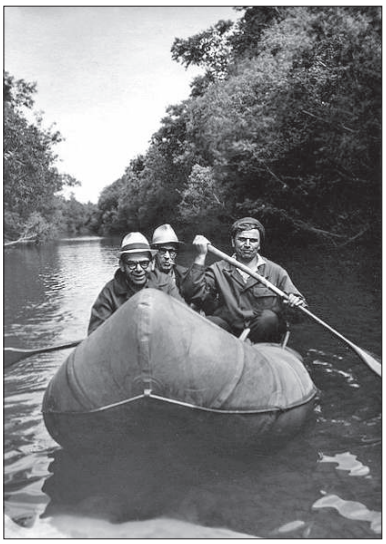
зация, а в рамках второго в угольной геологии изучаются термобарические воздействия — повышение температуры и давления при погружении угленосных отложений. При этом разделяют региональный, термально-контактовый и динамометаморфизм. По петрографическим характеристикам общепринято выделять витрен — блестящую разновидность угля, фюзен — чаще черный, матовый, нередко с шелковистым блеском, кларен и дюрен с различным соотношением первых компонентов и минеральных примесей.

Из углепетрографических работ следует выделить микроскопическое изучение витринизированного вещества, основного носителя спекаемости.

В дополнение к классификации чл.-кор. АН СССР Ю.А. Жемчужникова А.Б. Травин выделил неокисленную и первичную окисленную в процессе углеобразования стадии витринита, что позволило прояснить многие ранее неизвестные особенности в физических и химических свойствах углей (Травин, 1960). Генетически окисленные угли характеризуются повышенным содержанием летучих веществ, в том числе водорода, лучшей растворимостью в органических жидкостях и лучшей спекаемостью, но пониженной плотностью витринита. Были установлены генетические признаки и особенности структуры первично окисленного витринита, возникающие при гелефикации растений-углеобразователей в условиях биохимических процессов, что оказывает существенное влияние на переход витринита в пластическое состояние при нагревании. Данный подход позволил с более высокой достоверностью прогнозировать способность угля к спеканию и объяснить различия в свойствах изометаморфизованных углей.

Физико-химические особенности генетически окисленного угля существенно отличны от свойств фюзенизированных компонентов, преобразование которых также во многом обязано окислительным процессам в торфяной стадии и на начальных периодах углеобразования. Если в результате первичного окисления имеет место некоторое снижение показателя пластичности, то фюзенизация приводит к полной потере этого свойства угля, фюзенит инертен при спекании, поэтому в последних классификациях микрокомпонентов фюзенизированные компоненты отнесены к группе инерти-

та. Отметим, что в литературе наряду с понятием «первичная окисленность» широко используется термин «восстановленность», включающий в себя практически те же особенности витринита. Преимущество первой классификации состоит в возможности микроскопической диагностики первично окисленного состояния. Восстановленное же состояние микроскопически неразличимо.



Э.М. Сендерзон и В.Ф. Шугуров добираются до очередных угольных месторождений в Хакасии. 1959 г.

Углублению познаний свойств угля способствовали исследования В.П. Шорина, установившего микроскопические признаки и морфологические особенности паренхимных тканей, представляющих собой гелефицированные компоненты листьев растений. Именно наличие паренхимных образований определяет повышенный выход летучих веществ и лучшую спекаемость.

На основе выполненных исследований была усовершенствована классификация микрокомпонентов угля. С учетом исходной природы и пористости было предложено разделять компоненты на пять групп, что позволило углубить и расширить взаимосвязь структуры и свойств угольного вещества.

Существующие представления о метаморфизме углей были дополнены разработкой критериев динамотермального метаморфизма. В частности, А.Б. Травиным микроскопически в местах скопления микропликативных и микродизъюнктивных дислокаций были установлены анизотропные фрагменты среди общей изотропной угольной массы. Кроме того, были определены структурные особенности контактового метаморфизма, под микроскопом удалось установить появление специфической пористости и анизотропии в веществе угля, находившемся в контакте с изверженными породами. Данная работа, несомненно, является новым вкладом в отечественную и мировую углепетрографию.

Следует отметить разработанный в лаборатории метод определения степени метаморфизма по отражательной способности витринита в сдвоенных аншлифах, одной частью которых был изучаемый уголь, а второй — эталон. Метод нашел широкое применение.

Отдельным разделом исследований стали работы В.Ф. Шугурова по изучению минеральных образований в углях. На основе анализа большого фактического материала, представленного углями, породами почвы, кровли и подошвы угольных пластов, им разработана одна из наиболее детальных и наукоемких генетических классификаций минеральных включений.

Согласно этой работе все неорганические вещества разделены на аутигенные и аллотигенные образования. Первые возникают в результате физико-химических реакций в торфянике и в дальнейшем претерпевают воздействия диагенеза, метаморфизма, выветривания и других факторов. Они подразделяются на сингенетические разновидности, возникшие одновременно с накоплением в торфянике растений-углеобразователей, и эпигенетические минеральные вещества. Последние претерпели воздействия регионального, контактного и динамометаморфизма. К аутигенным минералам в углях от-

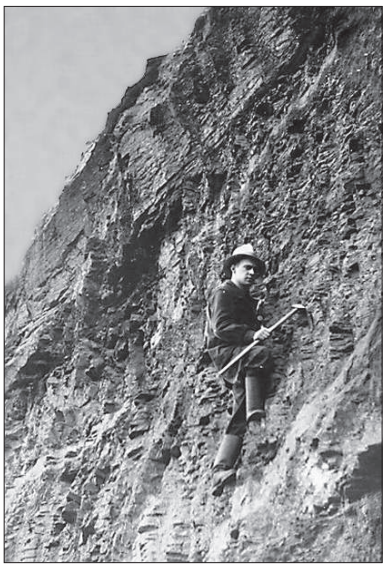
носятся сульфиды, карбонаты, силикаты (кварц), глинистые минералы, графит, тальк и др. Многие из них характеризуются тонкой вкрапленностью в угольном веществе и являются трудноизвлекаемыми при обогатительных процессах.

Аутигенные минералы транспортировались в торфяник как механические примеси текучими водами и деятельностью ветра. Разновидностей этой группы минералов много больше аутигенных образований, к ним относятся многие акцессории, которые, как правило, отличаются повышенной плотностью и при разделительных процессах концентрируются в тяжелых фракциях.

Важное практическое значение имеет установление парагенетических связей между фациальными типами углей и минеральными включениями, в том числе соединениями редких и рассеянных элементов. Обнаружено, что сингенетические аутигенные образования преимущественно связаны с блестящими типами угля, имеющими минимальную зольность. К таким образованиям относятся соединения германия, молибдена и других редких и рассеянных элементов. В полуматовых и матовых углях данные элементы встречаются в существенно меньших количествах.

Выделены три формы вхождения германия в угли: 1) сорбционное концентрирование гелефицированным веществом; 2) образование германиевых соединений и 3) ассоциации германия с минералами угля. Хотя распределение этого элемента в угольных пластах неравномерно как по их мощности, так и по простиранию, наибольшей концентрацией этих элементов характеризуются верхние и нижние пласты угленосных свит и краевых прогибов месторождений, особенно обращенные к зонам питания вероятного выветривания коренных пород (Травин, 1960).

В.Ф. Шугуровым предложен новый метод корреляции угольных пластов, имеющий особенно важное значение в тектонически сложных районах. В основу метода положены такие характеристики аллотигенных минералов, как состав, морфология, количественные соотношения и другие особенности. Наряду с геологическими, палеонтологическими и углепетрографическими данными предложенный метод оказался весьма информативным при синонимике угольных пластов.



Т.С. Юсупов за углепетрографическим изучением пласта Мощный. Прокопьевский район, Кузбасс. 1960 г.

Совокупность изложенных научно-методических основ строения и свойств микрокомпонентов угля позволила рассматривать данное направление как технологическую углепетрографию и выполнить ряд оригинальных прикладных работ в интересах Кузбасса (Атлас верхнепалезойских углей..., 1966).

Актуальные для угольной промышленности работы были проведены по изучению склонности углей к окислению и самовозгоранию. Сравнительным анализом установлено, что наибольшей способностью к взаимодействию с кислородом обладают тектонически мятые угли, далее следуют

блестящие и матовые разновидности. Высказано предположение о том, что центрами возгорания могут служить фюзеновые фрагменты с сохранившейся структурой, содержащие повышенное количество свободного кислорода.

В интересах безопасности горнорабочих были исследованы вопросы влияния минерального состава углей на заболеваемость силикозом. Дифференциация кварца по степени связанности с органическим веществом на свободный, полусвязанный и механически связанный с глинистым веществом позволила обосновать гипотезу о том, что фактором силикозоопасности является свободный тонкодисперсный кварц, содержание которого в ряде матовых типов углей может достигать 8–10 %. Такая зависимость использована д.м.н. П.Т. Приходько (ИГД СО РАН) при прогнозе силикозоопасности угольных пластов.

Технологическая углепетрография оказалась информативной основой изучения геолого-генетической разделимости и обогатимости углей. Основываясь на фациальной изменчивости угольных пластов, А.Б. Травин дал классификацию разделимости углей, состоящих из блестящих, витреновых, полублестящих, клареновых, матовых фюзеновых и дюреновых типов (последние, как правило, содержат повышенное количество минеральных примесей).

Угли Кузбасса по сравнению с другими бассейнами имеют наибольшую зольность (8–12 %), но в добываемой угольной массе этот показатель достигает 20–25 % и выше за счет засорения породными частицами. Существующие обогатительные методы позволяют достаточно четко отделять породные образования и получать качественные концентраты для энергетического использования. Но для коксохимической промышленности, куда направляется примерно треть добываемого угля, требуются концентраты с зольностью не выше 7–8 %, а для специальных целей — даже менее 1 %. Для решения подобных задач необходима более детальная информация о формах и видах минеральных составляющих гелефицированного вещества.

Кроме петрографических исследований, изучались также микротвердость, хрупкость и измельчаемость ингредиентов угля. Установлена повышенная измельчаемость блестящих наименее минерализованных разностей углей, что послужило основой для разработки петрографического метода обогащения.

Широкое применение углепетрографические методы нашли при прогнозе обогатимости углей, и это стало отдельным направлением работы Т.С. Юсупова. На базе выполненных исследований разработан экспресс-метод определения обогатимости углей под микроскопом в отраженном свете, в основу которого положена градация угольных частиц по степени минерализованности. Одно из достоинств метода состоит в том, что уже на стадии проведения геолого-разведочных работ по керновым пробам представляется возможным оценить обогатимость угля и прогнозировать необходимые технологии будущего предприятия. Были обоснованы принципы составления карт обогатимости с учетом фациальной изменчивости угольных пластов, первые такие карты созданы для пластов Томь-Усинского месторождения Кузбасса. Метод нашел применение в углепетрографических лабораториях треста «Запсибгеология» и «Кузбассуглеразведка», взят на вооружение углепетрографами проектного института «Кузбассгипрошахт».

Микроскопический метод оказался весьма информативным для определения флотируемости углей и обоснования эффективности действия различных флотореагентов. При этом очень важной оказалась возможность уста-

Чл.-кор. РАН Г.И. Грицко у карты угленосных отложений Кузбасса. 2005 г.

новления окисленности мелких классов углей, которые характеризуются трудной флотируемостью и требуют специальных органических реагентов для флотации.

Познание петрографических особенностей и минерализации угля послужило информационной базой разработки флотационной технологии обогащения. На примере угля марки «Г» (пласт Снятковский, Ленинский район) показана реальность получения малозольных концентратов из низкометаморфизованных углей, что было выполнено впервые в Кузнецком бассейне. Кроме того, для углей начальных стадий метаморфизма обоснованы и рекомендованы эффективные флотореагенты, полученные из нефтей Мегионского месторождения Западной Сибири (Юсупов, 1965). Предложенный флотореагент — легкий каталитический газойль нашел широкое применение, а на обогатительной фабрике им. Кирова (г. Ленинск-Кузнецкий) по разработанной технологии работает цех флотации.

В конце 1964 г. приказом Мингео РСФСР Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС, г. Новосибирск) был назначен головным институтом в области региональной геологии и геофизики в Сибири. С 1 октября 1964 г. лаборатория геологии угля ИГиГ СО АН СССР была ликвидирована, семь сотрудников (из 15) переведены в СНИИГГиМС, во вновь созданную в отделе угля лабораторию геологии угольных месторождений. Оставшиеся в ИГиГ сотрудники какое-то время продолжали заниматься угольной тематикой в рамках литологических подразделений института.

Начиная с 1973 г. угольная тематика в СО АН СССР концентрируется в Институте угля Кемеровского научного центра (директор чл.-кор. РАН Г.И. Грицко). В ИГиГ велись отдельные работы по специальным методам механоактивации и обогащения.

Угольная тематика в том или ином виде присутствует во многих академических институтах как область возможного использования результатов самых различных исследований. В Сибирском, Уральском и Дальневосточном отделениях РАН более чем в 50 институтах проводятся какие-либо ис-

следования, касающиеся угля. В Сибирском отделении РАН работы по интеграционным проектам, ведущиеся с 1995 г., позволяют связать разрозненные результаты отдельных институтов в рамках одного проекта, научных семинаров по проекту, общих публикаций и отчетов. Так, например, изучение распространенности древних горелых пород в Кузбассе, выполняемое группой Э.В. Сокол из ИГМ им. В.С. Соболева СО РАН, стало заделом для попыток нахождения путей миграции метана, несущих опасность угольным шахтам. Проблемы глубокой переработки угля являются областью приложения усилий институтов химического профиля. «Приборостроительные» конструкторско-технологические институты располагают научными заделами и разработками для самых разных служб угольных предприятий.

Чл.-кор. РАН Г.И. Грицко в ИНГГ им. А.А. Трофимука является координатором трех интеграционных проектов — по сапропелитовым углям; по энерготехнологическому использованию угля; по генезису выбросов и взрывов метана в угольных шахтах; двух проектов РФФИ—Кузбасс — проекта по метану и по возможным объемам угледобычи в Кузбассе. В каждом проекте участвуют 8–10 институтов.

В интеграционных проектах принимают участие институты Донецкого и Днепропетровского научных центров Национальной академии наук Украины. Ежегодно бывая в командировках на Украине, академик Н.Л. Добрецов и чл.-кор. РАН Г.И. Грицко посещают родственные институты, делают доклады на Президиуме научного центра, в институтах, тем самым укрепляя контакты с НАНУ. Взаимодействие с украинской академической наукой важно по нескольким причинам: работы ведутся по схожим проблемам (в некоторых случаях оставшихся еще с советских времен); Национальная академия наук Украины сохранила угольные институты, даже опытное производство, сохранено и Министерство угольной промышленности Украины; но главное — шахты Украины работают на больших глубинах и очень опасны по газу. Для российского Кузбасса украинские шахты — это модель условий будущей работы, причем не очень отдаленной, так как в Кузбассе эти проблемы проявятся гораздо раньше, если сравнивать по глубине. Поэтому достижения угольной науки Украины, ее наработки являются весьма важными для нас.

В рамках интеграционных проектов СО РАН и проектов РФФИ разрабатываются процессы сверхтонкого измельчения углей и изучаются их физические и химические свойства в микринизированном, механоактивированном состоянии (руководитель Т.С. Юсупов).

Сравнением измельчителей различного принципа действия установлено, что наиболее интенсивное диспергирование достигается в центробежной мельнице и дезинтеграторе: до 80 % измельченных частиц имеют крупность менее 40 мкм, а 50 % — ниже 20 мкм. По данным рентгеноструктурного анализа, в угле имеют место глубокие структурные изменения, уменьшается степень упорядоченности структуры и возрастает аморфизация. ИК-спектроскопией показано изменение ароматичности угольного вещества и состава активных функциональных групп, а ЭПР-анализом зафиксировано возникновение свободных радикалов с g-фактором, близким к g-фактору свободного электрона. При этом количество ПМЦ увеличивается симбатно росту дисперсности.

Обосновано разделение процесса механоактивации на поверхностные изменения, связанные с разрывом наименее прочных боковых цепей макромолекулы угля, что имеет важное значение при поверхностных реакциях, в том числе горении, и объемные преобразования вещества, проявляющиеся с

возрастанием механических воздействий и резко интенсифицирующие экстракцию химических веществ.

Структурно-химические преобразования молекул выразились в уменьшении энергии активации — важной энергетической характеристике топлива. Термографические исследования показали, что в точках максимальной скорости разложения угольных макромолекул имеет место снижение энергии активации со 190 до 70 кДж/моль, причем наибольшим снижением характеризуются наименее зольные витринитовые компоненты, что свидетельствует о важности предварительного обогащения углей (Юсупов, Шумская, 2008).

Уменьшение активационного барьера открывает большие возможности в интенсификации термических процессов, в частности горения угля в топливной энергетике; представляется возможным сократить или даже исключить использование дефицитного дорогостоящего мазута. Работа проводилась совместно с Институтом теплофизики СО РАН.

Актуальной задачей является получение угольных концентратов с зольностью 1–3 % и даже менее 1 %. Такие угли необходимы в отдельных отраслях химической и металлургической промышленности; подобные облагороженные угли рассматриваются и уже начинают использоваться в качестве топлива газовых турбин, двигателей внутреннего сгорания, авиационных моторов и других назначениях.

В институте разработана технология глубокого обогащения угля с получением сверхчистых малозольных концентратов, которая состоит в центробежном разделении и последующем химическом обогащении первичного сырья. Эксперименты на углях марок «Д» и «Т» показали возможность выделения из длиннопламенного угля комбинированием методов концентрата с зольностью около 1,0 %, а из угля высокой стадии метаморфизма — 2,8 %. При этом важным моментом является раскрытие органоминеральных сростков, для чего предложено дезинтеграторное диспергирование. Более глубокая деминерализация была достигнута предварительным активационным измельчением первичных концентратов в центробежно-планетарной мельнице, в результате чего указанные значения снизились до 0,7 и 1,25 % соответственно, что объясняется аморфизацией минеральных составляющих и повышением их химической активности при механической активации.

Установлено важное для технологии обогащения положение: более глубокая деминерализация достигается на углях начальной и средней стадий метаморфизма, включая стадию «К». В высокометаморфизованных углях в силу повышенной прочности компонентов раскрытие органоминеральных сростков происходит не в полной мере, а следовательно, и растворение минералов проявляется более ограниченно. Выполненные исследования представляют собой методическую основу получения сверхчистых малозольных концентратов (Юсупов, Шумская, Бурдуков, 2009).

Из других выполненных работ следует назвать обоснование технологии разделения витринито-фюзенитовых ассоциаций с целью расширения сырьевой базы коксующихся углей Кузбасса, проводимое при поддержке РФФИ. Объектом обогащения по витриниту были выбраны петрографически неоднородные угли, составляющие до 35–40 % от общих запасов бассейна, особенно это относится к углям балахонской серии Кузбасса.

Технология состоит из двух основных этапов. Сначала проводится селективное измельчение с выделением концентрата с повышенным содержа-

нием витринизированных, хорошо спекающихся компонентов. Селективность измельчения определяется меньшей механической прочностью блестящих слагаемых, что было установлено ранними работами. Блестящая часть концентрируется главным образом в мелких классах, а матовые, отличающиеся повышенной прочностью, напротив, переходят во фракции более крупных размеров. Отделение витрена от фюзена достигается гравитационными, центробежными и особенно флотационными методами. Реализация петрографического обогащения позволит получать из слабоспекающихся неоднородных углей марок «Г», «СС» и «ОС», а частично и фюзинизированного угля марки «К» до 4–5 млн т малозольных коксующихся витринитовых концентратов.

Отдельным крупным научным направлением стало изучение физико-химических превращений минеральных веществ в процессах тонкого измельчения, аппаратурной базой которого явились измельчители, созданные талантливым инженером и изобретателем Сергеем Ивановичем Голосовым (Голосов, Молчанов, 1966). В основе данного направления лежит постулат, что при повышенных механических воздействиях имеет место не только диспергирование минералов с выводом большого количества молекул и атомов на поверхность, но и интенсивное дефектообразование и разрушение структуры с приданием веществу новых свойств. Г.М. Гусевым, В.И. Молчановым и Т.С. Юсуповым были развиты новые аспекты активационного механохимического измельчения применительно к задачам аналитической химии и извлечения ценных элементов из руд, литолого-геохимическим исследованиям, обогащению и переработке минерального сырья (Механохимические явления..., 1973; Молчанов, 1981; Молчанов, Юсупов, 1981; и др.).

Теоретические основы данного направления успешно развиваются в Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН, их результаты получили всемирное признание (акад. В.В. Болдырев, чл.-кор. РАН Н.З. Ляхов, д.х.н., профессор Е.Г. Аввакумов и др.).

Изучены аномальные физические и химические свойства в тонкодисперсном состоянии многих классов минералов — оксидов, силикатов, сульфидов, цеолитов и др. В основу исследований положены образующиеся дефекты, искажения и нарушения кристаллической структуры, вплоть до ее превращения в рентгеноаморфное состояние.

Из наиболее значительных работ, выполненных в ИГиГ, можно выделить следующие:

— разработка механохимической технологии селективного измельчения слоистых силикатов, в частности каолинита, с дифференциальным разрушением октаэдрических слоев или разрывом связи по межслоевому пространству с сохранением структуры полиэдров в зависимости от режимов обработки. В результате появляется возможность более глубокого обескремнивания глинистых минералов как источника алюминия (Лаптева, Юсупов, Бергер, 1981);

— обогащение низкосортных бокситов путем их обескремнивания и обезжелезивания с использованием механоактивации, что позволяет превратить их в кондиционное сырье (Юсупов, Шумская, 2003);

— разрушение структуры минералов с целью повышения извлечения цветных, благородных металлов и редкоземельных элементов;

— пролонгирование извлекаемости фосфора из механоактивированных фосфатов (апатит) при их совместном нахождении с цеолитами (Юсупов, Шумская, 2003). Впервые в механохимической практике разработаны меха-

ноактивационные методы снижения химической активности веществ, например водной растворимости суперфосфата, путем введения его в структуру цеолитов с химическим взаимодействием компонентов, что позволяет коррелировать поглощение удобрения растениями с его водной растворимостью (Юсупов, Шумская, Болдырев, 1999).

Механоактивация оказалась эффективным методом регулирования сорбционной способности веществ в процессах флотационного обогащения. Институтом предложены новые схемы подготовки полезных ископаемых к обогащению, обоснованы более эффективные режимы селективного измельчения с использованием ударной, дезинтеграторной обработки, изучено действие поверхностно-активных веществ (ПАВ) с целью предохранения поверхностно-структурных нарушений минералов как путь совершенствования разделительных процессов (Юсупов, Кириллова, 2009; и др.).

Внедрение выполненных работ позволит расширить источники извлечения ценных компонентов из минеральных веществ и восполнить дефицит нужных полезных ископаемых. Механоактивационное и механохимическое направления взяты на вооружение многими институтами и организациями страны соответствующего профиля, они широко известны за рубежом.

* * *

Слабость современного горного образования видится в нарушении его связи с геологией месторождений, в подмене горно-геологического образования специальностью «технология и комплексная механизация...». Это имеет большие негативные последствия. Не только горные инженеры, но и горняки-ученые не владеют знаниями геологии, геофизики, геохимии, современными методами этих дисциплин, достаточными для исследований или производственной работы. Не готовятся кадры угольных геологов, шахтных геологов. В результате такие проблемы, как, например, безопасность угледобычи, борьба с выбросами и взрывами метана в шахтах, малоэффективны, потому что в их исследованиях отсутствует геологическая составляющая.

Академик А.А. Трофимук в свое время поддерживал и работы по углю, и организацию Института угля в г. Кемерово. В 80-е годы он был руководителем программы «Сибирь». И члену-корреспонденту АН СССР Г.И. Грицко как координатору блока «Уголь Кузбасса» часто доводилось докладывать ему о проводимых работах и их результатах. Особо Андрей Алексеевич интересовался судьбой подземной газификации угля, углепроводом Белово–Новосибирск.

Начиная от Горно-геологического института Западно-Сибирского филиала АН СССР, его трансформации в Институт горного дела и в Институт геологии и геофизики СО АН СССР (РАН) угольная тематика и Кузбасс долгое время были предметом геологических исследований. Работы велись совместно со СНИИГГиМСом. Последняя геологическая карта Кузбасса в основном составлена А.З. Юзвицким, его материалы сохранены и находятся в Институте угля и углехимии СО РАН в г. Кемерово. В.И. Москвин и Т.С. Юсупов и сейчас трудятся в нашем институте. Успешно работают в Кузбассе по изучению угольных палеопожаров доктора наук Э.В. Сокол и И.С. Новиков. Академик А.Э. Конторович в 2009 г. назначен председателем Кемеровского научного центра СО РАН и на этом посту делает все возможное, чтобы возродить присутствие наших геологов в Кузбассе и поставить там геологические исследования на современном уровне.

Гранаты

Гранаты в мире минералов
Разнообразны, как цветы,
От совершенства их кристаллов
Всегда в восторге я и ты.

Бывает сорок восемь граней,
И все сверкают, все цветут,
От мелодичных их названий
Аккорды музыки плывут.

Вот гроссуляры, альмандины,
Вот демантоид, мелантит,
А вот пироп и спессартины,
Уваровит и андродит.

Сама природа их рождает
Во глубине земной коры,
Где глины в сланцы превращает
Давленья горного порыв.

И где расплавленные лавы
Втекают в древние пласты,
Там формируются кристаллы
Необычайной красоты.

В семье гранатов гроссуляры
Зовут «крыжовником» у нас
За то, что зелены, как травы
В весенний день, в рассветный час.

Пироп — названье огневое,
Он драгоценнее других,
Его рожденье роковое
Среди алмазов дорогих.

Как будто взял он у алмаза
Частицу блещущих лучей,
Чтобы нести с собою радость
И очаровывать людей.

И если вдруг, в песках сокрытый,
Сверкнет пироп, как маячок,
Геолог ищет кимберлиты,
А в них алмазов тайничок.

А мелантит чернее ночи,
Когда ни звезд и ни луны, —
Такие ночи знают в Сочи,
Лишь в море слабый блеск волны.

Куприн оставил нам на память
Рассказ «Гранатовый браслет»,
Стал излучать нам этот камень
Святой любви могучий свет.

Е. В. Шумилова, д.г.-м.н.