

Научная статья

УДК 662.533.940.4

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-62-76

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ В КУЗБАССЕ

Заостровский Анатолий Николаевич
Петрушина Анна Владимировна

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН

*для корреспонденции: catalys01@rambler.ru

**Информация о статье**

Поступила:

16 ноября 2023 г.

Одобрена после
рецензирования:

10 декабря 2023 г.

Принята к публикации:

12 декабря 2023 г.

Опубликована:

21 декабря 2023 г.

Ключевые слова:кузнецкий уголь, редкие и
другие металлы,
золошлаковые отходы, рудные
содержания**Аннотация.**

Приведен анализ результатов фактического материала по геохимии кузнецких углей. Изложены основные геохимические, экономические показатели, характерные для разрабатываемых углей, особенности распределения ряда элементов, входящих в их состав. Обнаружены высокие содержания ценных и токсичных элементов в кузнецких углях, продуктах их промышленной добычи, обогащения и в отходах. Обоснована пригодность минерально-сырьевой базы кузнецких углей и отходов их добычи и переработки для извлечения редких металлов. Показано, что они могут стать новым источником значительных доходов при осуществлении комплекса глубокой переработки.

Сформулированы предложения об организации получения в Кузбассе новой конкурентоспособной угольной и другой продукции по ее качественно-технологическим показателям и потребительским свойствам. Для этого необходимо отладить работу для платежеспособных потребителей, стабилизируя или даже уменьшая цену и увеличивая угольный поток. При этом цена будет складываться не от сиюминутных потребностей, а от качественных показателей угольной продукции. При этом второстепенными регуляторами цены угля являются марка, сортность, зольность, влажность, теплотворная способность, коксумость, спекаемость и ряд других показателей.

Определены главные направления повышения эффективности эксплуатации угольных месторождений Кузбасса. Ориентирующая цель развивающейся экономики – достижение максимального экономического эффекта от извлечения полномасштабной пользы с удовлетворением запросов индустрии и населения в промышленной продукции. Показаны новые перспективы развития экономики Кузбасса, ориентированные на реформирование ведущих отраслей индустрии. Достижение поставленной экономической цели и решения амбициозных задач позволит умножить валовый внутренний продукт в 2,0–3,0 раза, создать для промышленности благоприятные условия развития.

Для цитирования: Заостровский А.Н., Петрушина А.В. Направления развития отраслей промышленности и науки в Кузбассе // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 62-76. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-62-76, EDN: ASCUTW

Прогнозирование объемов добычи угля, промышленного производства и подготовки надежной сырьевой базы на длительный период – весьма сложный комплекс научно-

технических задач. Необходимость их постановки и решения продиктована устойчивым ростом спроса на уголь и обострением энергозависимости промышленности и населения.

Наиболее эксплуатируемыми остаются природные ископаемые энергоносители – горючие газы, нефть и ее продукты, торф, уголь, горючие сланцы, антрацит, ядерное урановое топливо. Упор на приоритет газа и нефти в топливном балансе привел к быстрому исчерпанию их запасов, уменьшению объемов добычи, увеличению цен [1].

В России основные и перспективные газо- и нефтедобывающие регионы расположены за полярным кругом или близко к нему. Такое размещение части добываемых топливных ресурсов значительно удорожает технологии их поисков, разведки и добычи. Организация в этих условиях эксплуатации месторождений становится все более вахтовой. Это препятствует традиционным, недорогим схемам развития инфраструктур, включая профессиональное образование и осуществление необходимых геологических и научно-исследовательских работ. Извлечение из недр и транспортировка этих видов полезных ископаемых сопряжены с весьма значительными экологическими рисками. Они отвечают условиям вероятности получения необратимых природных катастрофических загрязнений в био-, гидро-, лито- и атмосфере.

Альтернативой при производстве энергии газообразным и жидким ископаемым является прежде всего уголь. Проблеме угольных ресурсов Сибири и рациональному их использованию уделяется немало внимания в научной литературе [2]. Из цитированного источника известно, что общие сибирские запасы углей на 01.01.98 г. составили 276828 млн т, из которых пригодно для добычи 171416 млн т. Аналогично для Кузнецкого бассейна: всего 107259 млн т, для открытой добычи – 24960 млн т. В относительных цифрах эти показатели отражают общую насыщенность запасами кузнецких углей: в Сибири их 38,8%; для открытой добычи – 14,6%, из них 80,3% коксующиеся. Из приведенных данных ясно, что по запасам твердого угольного топлива и коксохимического сырья Кузбасс прочно удерживает лидирующее положение. Необходимо также указать, что по суммарной теплотворной способности ресурсы кузнецких углей в сотни раз превосходят ресурсы газообразного и жидкого топлива в недрах Сибири [5]. Следует отметить достаточно благоприятные географические и климатические условия жизни в Кузбассе по сравнению с северными регионами, что является благоприятным фактором привлечения дополнительной рабочей силы и роста интеллектуального потенциала в Кемеровской области-Кузбассе при условии устойчивого роста угледобычи, глубокой переработки углей и минеральных отходов.

Представляется интересным рассмотреть иерархию факторов и показателей роста производительных сил региона с увеличением доли прибыли от комплексного освоения ресурсов минерально-сырьевой базы (МСБ).

В качестве элементов структурной модели и задач развития производительных сил и топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Кузбасса рассмотрим:

- прогнозы объемов роста добычи полезных ископаемых;
- комплексное использование минерального сырья и отходов;
- обогащение полезных ископаемых и создание промышленности по переработке вторичного минерального сырья (отходов);
- развитие ресурсосберегающих технологий;
- уменьшение экологической нагрузки на природные системы;
- развитие науки и подготовка кадров;
- вклад развития освоения МСБ в улучшение социальной сферы.

Изложенные постулаты могут не полностью охватывать многогранность структурной модели развития производительных сил.

В настоящее время требуется создать социально ориентированную модель поддержки реальных секторов промышленности и сельского хозяйства. Всесторонне научно обоснованная и осуществляемая программа роста производительных сил способна вывести Россию и Кузбасс из экономического и долгового кризисов, создать населению достаточные условия жизнеобеспечения.

Проблемы освоения запасов кузнецких углей

Прежде всего объемы роста добычи полезных ископаемых определяются спросом и ценами.

Кузбасс добывает и производит уголь, черные, цветные и благородные металлы [2]. Сырье для производства черных металлов в значительных объемах завозится в Кузбасс из других регионов. Сырьевое обеспечение производства алюминия полностью обеспечивается внешними поставками, в том числе из стран дальнего зарубежья. Золото и серебро в виде концентратов вывозится за пределы Кузбасса.

Уровень добычи Кузнецких углей снизился за десятилетие конца прошлого века. Начиная с 2000 года отмечался рост добычи углей, преимущественно энергетических марок с созданием новых угольных предприятий в Ерунаковском и других геолого-экономических районах.

Увеличению добычи будет препятствовать растущие экологические проблемы. Отметим среди них тенденцию будущего роста валового, удельного объемов экологических загрязнений экосистем органическими и минеральными, токсичными и радиоактивными, новообразованными и естественными соединениями при добыче, переработке, сжигании углей. В настоящем очевидно, что возрастание радиоактивного загрязнения вполне реально при увеличении добычи и сжигании углей марок Д и Г, поставляемых из Ерунаковского и других районов, в том числе из пластов тайлуганской подсветы.

Увеличивающийся поток грузов недостаточно обеспечен современными возможностями железных дорог. Вывоз угля потребует обеспечить Кузбасс свыше 4200 железнодорожными вагонами в сутки.

Гидротранспорт водоугольных суспензий углей энергетического назначения осуществим при вводе в действие трубопроводов и дальнейшем их развитии в пределах ~500 км в другие регионы. Здесь также возникнут вопросы технологии, экологии и ресурсов воды.

Подземная газификация углей – экологически опасный процесс, связанный с загрязнением подземных вод и пород фенолами, бенз-а-пиреном, другими органическими, неорганическими продуктами сгорания. Он вреден активизацией геохимической подвижности токсичных соединений: Be, V, Co, Cd, Mn, As, Ni, Hg, Pd, Se, Sb, Tl, Zn, Cr, Cl, Th, U. Последние способны «выгорать» из угля и вмещающих пород с накоплением их содержания. В области подземного горения пластов углей произойдет концентрирование токсичных и других химических элементов с последующим образованием легко растворимых органических, металлоорганических, неорганических химических соединений. Частичная «зачистка» зоны выгорания может быть проведена промыванием водой с выкачиванием ее на поверхность и завершающим ее очищением от загрязняющих веществ, выделением ценных и вредных минеральных компонентов для продажи и утилизации. На сегодняшний день идет поиск технологических решений этих задач.

Получение собственных ресурсов жидкого топлива весьма актуально, еще И.В. Еремин, Т.В. Броневец предполагали, что первые промышленные предприятия гидрогенизации углей начнут работать в России не ранее 2005–2010 г.г. [2].

Вопросы подготовки МСБ и сырья здесь играют первостепенную роль. Будущий поток угольной продукции для гидрогенизации и получения искусственного жидкого топлива (ИЖТ) должен быть охарактеризован по массовым показателям, кроме имеющихся в геологических отчетах, обычно выпущенных в далеком прошлом. Это, в частности, массивы текущих данных измерений отражательной способности витринита ($R_{o,r}$, %). Этот показатель должен быть менее 0,95 – то есть отвечать I, I – II, II, II – III стадиям метаморфизма углей [ГОСТ 21489-76]. Необходимы более полные данные о балластных и вредных (ценных) примесях, особенностях мацерального состава, изменчивости показателей по вертикали и латерали, обогатимости. Показатель отражения витринита $R_{o,r}$ должен быть близок к величине 0,5–0,7%. Желательно иметь минимум содержаний фюзенизированных компонентов. При их содержании более 20%, минеральных примесей более 10%, зольности выше 15% уголь вообще не может быть рекомендован для производства ИЖТ. Улучшающими свойствами являются увеличение содержания липоидных микроэлементов, водорода, более высокий выход летучих веществ при одинаковой степени метаморфизма [2].

Имеющаяся база данных для кузнецких углей не позволяет в полной мере рекомендовать разведанные угли для указанной технологии без дополнительных объемов их изучения, в том числе изучения микроэлементного состава [3]. Последнее, по мнению И.В. Еремина и Т.В. Броневца, обязательно для оценки поведения естественных катализаторов для гидрогенизации, содержащихся в углях – FeS_2 , Mo, Ge, Sn, Co, Fe; катализаторных ядов – As, Hg и других.

Пренебрежение этими сведениями и выводами может губительно повлиять на внедрение способов получения ИЖТ из кузнецких углей.

Промышленных общих и вскрытых запасов кузнецких углей по пятнадцати маркам, а также антрацитов и окисленных углей по новым данным подсчитано 7728,9 млн т. и 1772,3 млн т. соответственно [1]. Совершенно ясно, что вскрытые запасы при будущих 210-220 млн т (в среднем) добычи в год могут быть исчерпаны за 35–40 лет. Фактически эта величина еще меньше, так как вскрытые запасы частично законсервированы в итоге реструктуризации угольной промышленности Кузбасса. Следует обратить внимание на необходимость ускорения темпов и придания нового содержания геологоразведочным работам, в том числе на уголь, но и более обоснованному выделению для будущего освоения участков месторождений с наиболее благоприятными горно-геологическим, экологическими и другими условиями.

Поскольку Кузбасс является промышленно освоенным регионом, в котором интегрированы предприятия от добычи сырья до производства металлов и машин, то следует создать перспективные модели развития Сибири и Кузбасса с выходом на производство оптимального объема товаров, способных конкурировать с зарубежной и отечественной продукцией. Такие задачи выходят за рамки Кузбасса. Они должны найти решение в кооперации сибирских регионов при поддержке центральной и местных институтов власти. Предлагаемый механизм развития Сибири позволит в дальнейшем преодолеть стагнацию и разрушение промышленности и получить финансовые средства для комплексного развития экономики регионов и в целом России. Потребление руд, угля, металлов, комплектующих изделий, товаров народного потребления, машин, оборудования, таким образом, не придется ставить в зависимость от рыночной конъюнктуры, искусственно создаваемых дефицитов. Маркетинговые исследования дадут освещение устойчивых путей развития спроса на товары гарантированного качества будущих комплексных производств. В этой связи отметим, что цены на энергоносители и сырье не потребуются декларировать и внедрять «сверху». Они станут естественной функцией от платежеспособного спроса и потребления. В результате разработки и корпоративного использования нового механизма ценообразования удастся ослабить ныне сложившиеся тенденции к росту цен вверх. Интеграция и кооперация производств – надежный способ повышения прибыльности и рентабельности экономических производственных структур без увеличения количества торгующих посредников. В подобных саморазвивающихся системах с максимальной автоматизацией производственных процессов сырье, товары, услуги обретают истинные цены и обеспечивают конкурентоспособность.

Далее сформулируем предложения об организации получения в Кузбассе новой конкурентоспособной угольной и другой продукции по ее качественно-технологическим показателям и потребительским свойствам. Нужно ли наращивать добычу углей дефицитных коксующихся или энергетических марок? Торговцы берут или отказываются брать уголь только по причинам вариабельно текущей выгоды ими же контролируемого сбыта. Это дестабилизирует рынок. Необходимо отладить работу на платежеспособных потребителей, стабилизируя или даже уменьшая цену и увеличивая угольный поток. При этом цена будет складываться не от сиюминутных потребностей, а от качественных показателей угольной продукции. В настоящее время второстепенными регуляторами цены угля являются марка, сортность, зольность, влажность, теплотворная способность, коксующесть, спекаемость и ряд других показателей. Основа современной торговли углем – в представляющейся случайной возможности дешево купить и, соответственно, дорого продать. Реально в таком обмене качественные показатели товаров почти не учитываются. В этих системах нет возможностей для осуществления ведущей экономической формулы: товар – деньги – товар, в том числе труд, его оплата. Никакие запретительные, разрешительные, фискальные и прочие надуманные механизмы директивной «рыночной» экономики не смогут изменить сложившееся «статус кво» с перспективой дальнейшего ухудшения ситуации. Следует обратиться к реальному пониманию экономики.

Энергетические, коксующиеся кузнецкие угли – основной объект добычи и торговли Кузбасса. Для повышения эффективности продаж всей гаммы углей на основе изучения спроса следует организовать приготовление шихтосмесей (ШС), в том числе как самостоятельного товара коксовых шихтосмесей (КШС) в Кузбассе.

Справочный набор марок, в масс. %: 0 – 25 Г; 0 – 16 ГЖО; 0 – 49,8 ГЖ; 0 – 69,0 Ж; 0 – 57,7 КЖ; 0 – 35,0 К; 0 – 32,0 КО; 0 – 4,2 КСН; 0 – 39,7 КС; 0 – 44,0 ОС; 0 – 7,9 ТС; 0 – 1,3 СС. При этом в рецептурах КШС должны быть строго учтены требования для всех качественных показателей, обеспечивающих потребительские свойства получаемых коксов: показатели каждого в отдельности и суммы компонентов КШС по мацеральному составу – сумма отощающих компонентов $\sum OK$, %; выход летучих веществ V^{daf} , %; толщина пластического слоя Y , мм и др. Отступление от строгих требований шихтовой подготовки повлечет производство бракованных КШС и, как следствие, экономические потери.

Опыт в Кузбассе по составлению КШС имеется. Он может быть расширен при профессиональной подготовке специалистов для новых шихтофабрик на местах. Новое производство КШС как нового класса кузнецкой углепродукции, безусловно, потребует комплексной переоценки сырьевой базы добычи, обогащения коксующихся углей, что вызовет заинтересованность в рационализации парадигм подготовки специалистов.

Перспективно исключенными являются фактически «брошенные» запасы углей, преимущественно, марки К на полях шахт «Южная», «Бирюлинская», «Центральная», «Красный Углекоп», им. Шевякова, где числилось 373 млн т запасов. Они могли бы обеспечить добычу углей этой марки в перспективе на 180 лет при современном состоянии объемов добычи. Можно полагать, что эти объемы уменьшатся за счет экспансии китайского угля в восточные районы России, Монголию, Японию, Корею. Можно также ожидать повышение конкурентоспособности кузнецких углей по их экологическим качествам.

Вероятно, возникнет потребность производства энергетических шихтовых смесей (ЭШС) для энергетического использования. Особо отметим, что новые потребности комплексного рационального освоения минеральных ресурсов Кузбасса потребуют в ближайшие годы существенно расширить геологоразведочные работы и прежде всего определить их стратегическую и технологическую «привязанность» к объектам более эффективных способов освоения минеральных ресурсов Кузбасса. Средства финансирования геологических направлений деятельности, научных и производственных организаций явно недостаточны для подготовки МСБ будущего комплексного развития Кузбасса. Их нужно увеличить в 2-3 раза с выделением научных и производственных целевых назначений затрат. Необходимы механизмы рационального размещения средств, включая потребности научной отрасли с развитием новых технологий освоения сырья, переработки, утилизации минеральных отходов.

Разработка основополагающих проектов потребует участия всех ученых и специалистов Кузбасса, имеющих знания и опыт подготовки эффективных решений по развитию новых отраслей промышленности и обучению специалистов.

В 2000 году отмечалось 300-летие геологической службы России [6]. Сейчас состояние геологической отрасли (по ее деструкции) напоминает уровень 1922-1927 г. Далее это состояние приведет к деградации всех промышленно важных отраслей. Поэтому следует понимать, что Кузбасс остро нуждается в создании новой собственной базы геологических научных исследований и подготовки специалистов.

Комплексное использование минерального сырья и отходов

Вещественный состав всех отходов, сопровождающих переработку минерального сырья, является в разной степени вредоносным для здоровья людей, даже если эти отходы организованно хранятся в свалках. За 70-80 лет периода индустриального развития в России можно найти мало примеров, когда бы минеральные отходы направлялись на полную вторичную переработку. Позитивными являются случаи многократной отработки дражных полигонов, где золотоносные пески перемывались до 4 и более раз в целях более полного извлечения золота.

Принятые ФЗ (№ 89-ФЗ от 24 июня 1998) и ФЗ «Об отходах производства и потребления» не ориентируют промышленность на безотходные ресурсосберегающие технологии. В ФЗ отсутствует удовлетворительная, с нашей точки зрения, классификация отходов по отраслям промышленности, классы минеральных отходов как новых источников минерального сырья, мало определены правовые нормы хозяйственной деятельности по обращению с отходами и нормы управления собственностью [7].

В проекте Резолюции 2-го Всероссийского съезда по охране природы, Саратов, 3–5 июня 1999 г., отмечалось: «Экологическая обстановка в стране остается неблагоприятной, а

загрязнение природной среды – высоким. Использование природных ресурсов регулируется государством недостаточно жестко. Острой остается проблема переработки бытовых и промышленных отходов. Не эффективны экономические механизмы организации природопользования». Съезд отметил необходимость решения комплекса природоохранных и природопользовательских задач и в их числе проведение научных исследований, развитие новых технологий, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий, увеличение доли использования вторичных ресурсов. Констатирующие положения и решения съезда целиком отражают состояние и потребности Кузбасса в осуществлении и принятии новых концептуальных стратегически продуманных и направленных в будущее решений. Они должны быть разработаны учеными и рекомендованы для действенного исполнения органами местной и центральной властей.

За редкими исключениями потребление энергоносителей (твердых, жидких), металлургический передел руд, добыча полезных ископаемых направлены на несколько основных целей – получить энергию, кокс, извлечь железо, алюминий, никель, кобальт, золото и т.д. Природа не создала монорудных месторождений в чистом виде. Даже гидросфера планеты по химическому составу и экологической освоенности разнообразна. Человеческая техногенная деятельность в этой сфере также отразилась глобально негативно – наряду с другими загрязнениями появились частые кислотные дожди. Они бывали и раньше, но локально редко, обычно по причинам крупнейших долговременных извержений вулканов. Кислотное загрязнение гидросферы увеличивается. Подземные воды промышленных регионов переносят техногенные растворы, содержащие вредные и опасные соединения органических и минеральных химических продуктов. Атмосфера запылена так, что отложения техногенной пыли привели к ускоренному таянию «вечных» льдов: горных, полярных, ледников Гренландии и Исландии.

Таков в кратком изложении экологический статус и динамика. Следует обратить самое серьезное внимание на существование и рост отвалов, выбросов и загрязнений минеральными и другими отходами.

С экономической позиции именно минеральные отходы – перспективные объекты для вторичной переработки, т.к. они по своей сути являются техногенными месторождениями полезных ископаемых. Их не нужно добывать из недр, строя дорогостоящие шахты и разрезы. Их не следует далеко перевозить; они могут быть переработаны на местах хранения или выбросов. Они технологически уже подготовлены – имеют, например, гранулометрический состав мелких, тонких и сверхтонких классов.

Технологии переработки минеральных отходов известны более 50 лет. Процессы обогащения характеризуются либо простыми способами и методами переработки минерального сырья гравитационными, магнитными, или другими; флотационными либо комплексными, включающими глубокое, на минеральном уровне, разложение имеющихся отходов с предварительной термической обработкой, спеканием, приготовлением расплавов или водных растворов. Эффективными являются гидрометаллургические схемы извлечения металлов путем перевода их в растворенное состояние и экстракции ионообменными и другими осадителями (сорбентами) [8]. В геологической литературе [5, 8, 9, 10, 11] и многочисленных других источниках рассматриваются в том числе вопросы пригодности минеральных отходов и среди них угольного происхождения для дальнейшего использования в качестве вторичного металлоносного сырья или иных применений [12-14].

Особенно важно оценивать и отслеживать курс потребностей и цен на металлическую и иную продукцию с технологическими возможностями ее выгодного получения из минеральных отходов. При благоприятной конъюнктуре реакция бизнеса ожидается адекватной. Несомненно, вложить деньги в переработку отходов и получить прибыль – гораздо эффективнее, чем ориентироваться на богатое, привозное, дорогое минеральное сырье. К сожалению, второй традиционный путь пока более доступен, т.к. имеет технологическую базу и соответствующий многолетний опыт.

Таблица 1. Справочные цены мирового рынка на металлы и неметаллы [20]
Table .– World market reference prices for metals and non-metals

Элемент	Един. измер.	Цена, USD
Li	т	12295
Be	кг	165
Mg	т	2300
Al	т	1200
Sc	т	3
Ti	т	1085
V	т	6030
Cr	т	345
Mn	т	415
Fe	т	430
Co	т	47800
Ni	т	5300
Cu	т	2320
Zn	т	1000
Ga	кг	220
Ge	кг	295
Se	кг	10
Rb	кг	4710
Y	кг	520
Zr	кг	15,5
Nb	кг	70
Mo	т	10000
Ru	т	0,5
Rh	т	24,5
Pd	т	4,65
Ag	т	0,17
Cd	кг	1,5
In	кг	550
Sn	т	6000
Sb	т	3850

Элемент	Един. измер.	Цена, USD
Cs	кг	4420
La	кг	150
Ce	кг	175
Pr	кг	400
Nd	кг	280
Sm	кг	395
Eu	кг	7600
Gd	кг	500
Tb	кг	2800
Dy	кг	630
Ho	кг	1600
Er	кг	725
Tm	кг	8000
Yb	кг	1000
Lu	кг	14200
Hf	кг	270
Ta	кг	330
W	т	8000
Re	кг	3960
Os	г	13,67
Ir	г	1,65
Pt	г	13
Au	г	12
Hg	т	3200
Tl	кг	16,5
Pb	т	550
Bi	т	6500
Th	кг	40
U	кг	80

При этом монопроизводство обычно не интересуется побочными, хотя бы и весьма ценными, продуктами, купленным сырьем или собственными отходами добывающих и перерабатывающих отраслей промышленности. Наши исследования со всей очевидностью показали, что, в первую очередь, следует организовать в Кузбассе промышленное производство по переработке накопленных и текущих минеральных отходов:

- золошлаковых отходов (ЗШО) и получение от добычи и переработки углей;
- Беловского цинкового завода;
- Абагурской, Мундыбашской обогатительно-агломерационных фабрик.

Золошлаки Кузбасса накоплены в количестве свыше 100 млн т [5]. Ежегодное их пополнение – около 5–6 млн т. Прежде всего они перспективны для извлечения глинозема (Al_2O_3) и магнетита (Fe_3O_4) в качестве рудных концентратов соответствующих металлов. Разработаны технологии использования бедных руд при содержаниях алюминия 13,2% и железа 7,5% [15-20]. Ориентация на извлечение глинозема должна быть на первых порах избирательной, т.е. лучше было бы направить на сжигание уголь из определенных пластов с содержаниями алюминия в золе свыше 13,2%. Это требование нужно для полного вовлечения в переработку всей массы запасов накопленных и вновь получаемых ЗШО. Нами выявлена возможность эффективного извлечения железорудного концентрата из бедных железом золоноса ЮК ГРЭС [21]. Оказалось, что серийный промышленный магнитный сепаратор извлекает магнетитовый концентрат с 35,5% Fe. Одновременно, в 6–10 раз увеличиваются по сравнению с исходными содержания германия и олова. В магнитный концентрат будут также частично извлекаться промышленные количества золота и платиноидов, если они

Таблица 2. Примеры промышленных содержаний элементов в рудах [20]

Table 2. Examples of industrial contents of elements in ores

Элемент	Един. измер.	Цена, USD	Элемент	Един. измер.	Цена, USD
Li	%	0,05 – 0,7	Sn	%	0,4-1,0
Be	%	0,01 – 0,5	Sb	%	0,03-0,06
B	%	12,0	Te	г/т	10,0-100,0
F	%	46,0 – 49,0	Cs	%	0,01-0,6
Na	%	2,0 – 38,0	Ba	%	56,0-58,0
Mg	%	13,0 – 25,0	Ln _y + Y	%	0,1-1,5
Al	%	13,2 – 26,5	LnCl	%	0,2-12,0
P	%	7,0 – 17,0	Ln + Y	%	0,3-10,0
S	%	8,0 – 10,0	La	г/т	700,0
Cl	%	16,0 – 62,0	Ce	г/т	1200,0
K	%	7,0 – 29,0	Pr	г/т	150,0
Ca	%	21,0 – 39,0	Nd	г/т	700,0
Sc	г/т	100,0	Sm	г/т	120,0
Ti	%	0,9 – 6,0	Eu	г/т	50,0
V	%	0,1 – 1,0	Gd	г/т	120,0
Cr	%	29,0 – 44,5	Tb	г/т	35,0
Mn	%	6,0 – 36,0	Dy	г/т	150,0
Fe	%	7,5 – 50,0	Ho	г/т	35,0
Co	%	0,06 – 0,11	Er	г/т	70,0
Ni	%	0,9 – 2,9	Tm	г/т	17,0
Cu	%	0,8 – 1,0	Yb	г/т	90,0
Zn	%	2,0 – 2,8	Lu	г/т	17,0
Ga	г/т	20,0-500,0	Hf	%	0,001-0,0
Ge	г/т	30,0-120,0	Ta	%	0,003-0,03
As	%	10,0-20,0	W	%	0,2-1,3
Se	г/т	20,0-200,0	Re	г/т	0,003
Rb	%	0,006-0,5	Os	г/т	0,002-0,09
Sr	%	0,3-35,0	Ir	г/т	0,002-0,1
Y	%	0,01-0,035	Pt	г/т	0,15-9,0
Zr	%	0,3-5,0	Au	г/т	0,04-5,0
Nb	%	0,006-0,5	Hg	%	0,02-0,4
Mo	%	0,1-0,2	Tl	г/т	12,0
Ru	г/т	0,001-0,8	Pb	%	1,2-2,0
Rh	г/т	0,007-0,4	Bi	%	0,003-0,06
Pd	г/т	0,07-4,0	Th	г/т	30,0-100,0
Ag	г/т	10,0-100,0	U	г/т	10,0-100,0
Cd	%	0,12			
In	г/т	10,0-125,0			

присутствуют в исходной массе углей и ЗШО. Немагнитная фракция обогащается в этом процессе рядом элементов: Li, F, Si, K, Sc, V, Co, Zn, Sr, Y, Zr, Nb, Sn, Ba, Yb при содержании Al₂O₃ 21%.

При достижении производственной мощности будущего предприятия по переработке ЗШО в количестве 1-5 млн т в год, суммарный доход, по нашим оценкам, окажется в пределах 0,16-0,81 млрд USD, а прибыль – не менее 16-81 млн USD [20].

Имеется и альтернативный путь получения доходов за ценные примеси – маркетинг продукции. Суть его заключается в расценке всех товарных качеств и свойств руды, угля, других ископаемых. В результате наших и других исследований [3, 6] установлено, что в кузнецких углях с высокой степенью встречаемости (до 90-100%) присутствуют в повышенных концентрациях до 40 химических элементов. Не менее 11 в том числе являются весьма ценными, включая платиноиды (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt). Платина и палладий, которые обнаружены в ряде угольных пластов Кузбасса, нередко образуют рудные горизонты, залегающие в партингах пластов. Могут встречаться рудные концентрации элементов по всей

мощности угольного пласта, с формами линз, узлов, прослоев и другой морфологии залегания при почти неразличимых контурах рудных тел. Мировые цены на элементы в USD [18] составляют от долей до тысяч единиц за килограмм: Al – 1,2; Ge – 295; Rb – 4710; Nb – 70; La – 150; Lu – 14200 и т.д. Цены за 1 г металлов, присутствующих в углях, также весьма привлекательны: Au – 12; Pt – 13; Rh – 24,5 и т.д. (Таблицы 1, 2).

Выявление устойчивого содержания ценных сопутствующих металлов в углях или рудах дает основание включить их полную или частичную потребительскую стоимость в цены на минеральное сырье. При содержании золота в угле 3 г/т (такие примеры нами выявлены [20]) цена угля может быть увеличена. При этом после сжигания содержание золота в золе достигнет 15-30 г/т. Это уже не просто уголь, а комплексная золото-угольная руда. Поэтому следует организовать селективную добычу и продавать (самостоятельно перерабатывать) эту природную золото-угольную смесь, привлекая к этой деятельности малые и средние предпринимательские организации. Выборочно подсчитана дополнительная суммарная удельная ценность (УЦ) в 1 т углепродукции по 15 элементам, включая 7 редкоземельных элементов. Оказалось, что УЦ для 13 отдельных избранных пластов без учета благородных и других дорогостоящих металлов находится в пределах 53,3-225,3 USD/т., т.е. в среднем 139 USD/т.

Исходя из данных Таблиц 1 и 2, появляется возможность установить временный коэффициент извлечения в пределах 0,1 – 0,01. Это реально соответствует максимумам затрат на металлургическое производство с учетом содержаний элементов в сырье. Тогда почти все металлоносные кузнечские угли можно продавать дороже. Реальный расчет маркетинга должен заключаться в периодическом пересмотре с учетом новых технологий конкретных геохимических характеристик разрабатываемых пластов, рудных тел, уровней цен, спроса, предложений металлов на рынках. При 100 млн т добычи углей дополнительный доход от учета УЦ может быть свыше 50–200 млн USD. Часть от вырученной суммы продаж можно направить в специальный фонд на развитие научных исследований. Подчеркнем, что ожидаемый общий доход от реализации программы переработки накопленных ЗШО в Кузбассе по нашим оценкам составит только для двух извлекаемых металлов Al и Fe более 800 млн USD в год.

Беловский цинковый завод (БЦЗ) работал более 60 лет. На территории завода в г. Белово накоплено 1,4 млн т отходов, содержащих, в тоннах: золото – 2,7; серебро – 300; медь – 18000; железо – 210000; угля – 276000. Общий доход от переработки этих отходов (клинкера) составит 130 млн т USD; 98,5% расчетного дохода приходится на извлечение металлов, в т.ч. 62,5% – благородных.

Отходы переработки железорудного сырья характеризуются наличием промышленных содержаний железа (в минералогической форме магнетита), а также примесей элементов – Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Ba, Sr, Ge, Ga, Au, Ag. Технологии необходимой переработки отвалов Абагурской и Мундыбашской ОАФ ориентированы на извлечение Fe, Si, Co, Pb, Zn, As, Ag, Au при получении из них сульфидного и магнитного концентратов [2]. Кроме этого, будут произведены строительные пески и другая минеральная продукция. Расчетный доход от переработки 65 млн т Абагурских отвалов вблизи г. Новокузнецка составит 800 млн USD, в т.ч., 220 млн USD за счет извлечения Au и Ag (27,5% от суммы общего дохода).

Реализация программ переработки минеральных отходов в Кузбассе потребует вложений средств на дополнительные исследования, проектирование, экспертизы, получение лицензий и др.

Организация переработки минерального сырья при работе транспортно-технологических и обогатительных комплексов

Любой из транспортных потоков угля, руды, отходов нуждается в контроле качества и технологичности, экологического состояния произведенной и ввозимой продукции, складированных и сбрасываемых отходов. При строгом отношении к организации охраны экосистем и здоровья населения нужно отказаться от технологических понятий «складирование», «сброс», «выбросы» минеральных отходов. Вся масса производимых отходов должна быть направлена на переработку, а запасы их в отвалах переработаны и утилизированы. Следует отказываться от рекультивации отвалов ложной формы восстановления земель и утилизации. Она является лишь прикрытием факта хранения отходов под слоем завезенной почвы, посадками облепихи, луговых трав и т.п. Растения, как насосы, способны «выкачивать»

из-под земли ядовитые соединения и накапливать их в древесной массе, коре, листьях, плодах. Сельскохозяйственное освоение, таким образом, рекультивированных площадей отвалов, вызывает сомнения и множество вопросов экологического характера.

Лучший из способов борьбы с отвалами – их переработка с рукотворным созданием экологически чистого минерального породного слоя на поверхности земли и благоприятного рельефа. Угольные отвалы добычи – один из объектов переработки. Породные отвалы углеразрезков, внешние и внутренние, отвалы шахт состоят, в частности, из угля тонких, маломощных пластов, высокоуглистых пород, минеральных включений толщи угленосных образований – «колчеданов», являющихся мономинеральными (в известных понятиях) объектами, состоящими из сидерита, анкерита, доломитов и мергелей, кварцитов и окварцованных пород, сульфидизированных пород и углей.

Рыхлые породы, снятые гидромониторами и складированные, также возможно рассматривать как полезные ископаемые. Все эти объекты следует изучать геологическими методами как техногенные региональные месторождения (ТРМ). Они заслуживают нового, более детального изучения и освоения. Металлолом, вывезенный в отвалы, заваленный породой и не подвергшийся необходимой утилизации — также ценное вторичное сырье. Он содержит цветные металлы и будет после извлечения утилизирован отдельно в целях получения дополнительных прибылей в короткие сроки.

Обогащение минеральных отходов – важный этап превращения их в новую товарную продукцию.

В.П. Орловым определены направления развития минерально-сырьевой базы России в XXI веке. Он отметил, что в связи с будущим ростом численности населения в мире до 7,5–10,0 млрд человек объемы используемого минерального сырья превысят достигнутый уровень на 25–50%. Модель такого существенного роста потребностей в минеральных ресурсах для периода мирного развития экономик стран в целом весьма обоснована. До 2025 года В.П. Орловым рассчитан рост потребления, в %: Аи – 1,6; Аg – 2,2; Си – 2,3; Ni – 1,5; Рb – 0,5; Zn – 2,5 [16].

Геохимические данные, осветившие более полно состав полезных ископаемых, позволят выдвинуть проблемы освоения в полном объеме содержания металлов и компонентов в исходном сырье и складированных отходах горнорудных, угольных, обогатительных, энергетических, металлургических и других производств. Этому направлению добывающих и перерабатывающих отраслей промышленности способствует длительная тенденция вовлечения в использование (освоение) бедных по содержаниям, худших по качествам полезных ископаемых.

Намеченные и осуществляемые технологии при добыче и переработке твердых горючих ископаемых в скором времени займут главенствующее место в комплексном безотходном извлечении и утилизации химических элементов и компонентов [17, 18].

Ускорение создания отмеченных позитивных и жизненно важных технологий для новых, будущих производительных сил зависит от политических решений, опирающихся на сумму специализированных научных знаний. В 2003 году фонд геолого-технологических, геохимических знаний пополнился с изданием монографии «Угольная база России» под редакцией В.Ф. Череповского. Второй том монографии освещает разнообразные аспекты знаний об угольных бассейнах и месторождениях Западной Сибири, в том числе Кузбасса [19]. Этот труд коллектива специалистов геологов и технологов нацелен на дальнейшее освоение угольных и сопутствующих месторождений Кузбасса. Такие исследования необходимы для развития экономической инициативы представителей бизнеса и государственных предприятий. Извлечение из пластов углей, вмещающих и сопровождающих породы (минеральных включений) ценных рудных, в том числе редких элементов, будет способствовать возрастанию экономической эффективности угледобычи [20–27]. По данным расчетов, при комплексном освоении угольных месторождений экономический эффект может быть удельно увеличен более чем в 30 раз по сравнению с добычей и продажей единственно угольного сырья [20].

Заключение

Природные источники минерального сырья – твердые полезные ископаемые – относятся к невозобновляемым ресурсам. Истощение богатых рудных месторождений многократно являлось причиной разрушения и коллапса экономической деятельности на различных территориях стран мира, в исторические времена и в современный период.

В настоящем времени имеются и в ближайшем будущем появятся возрастающие возможности комплексного исчерпывающего потребления минерального сырья. Таким образом, меняется парадигма переработки и использования сырья от монопрофилированной к более актуальной – безотходной.

В данной работе определены главные направления повышения эффективности эксплуатации угольных месторождений Кузбасса. Ориентирующая цель развивающейся экономики определена в достижении максимального экономического эффекта от извлечения полномасштабной пользы с удовлетворением запросов индустрии и населения в промышленной продукции.

Кузбасс как административный регион насыщен разнообразными полезными ископаемыми. Его экономическая перспектива складывается из ресурсодобывающих и перерабатывающих отраслей экономики. Переработка – исчерпывающее потребление – минерального сырья и отходов становится новым стимулом и целевым направлением экономического развития добывающих регионов.

Задачи дальнейшего развития Кузбасса состоят в следующем:

- продолжить углубленное изучение минерально-сырьевых источников (месторождений, залежей, пластов углей, минеральных отходов и других объектов) для выбора наиболее эффективных способов и механизмов исчерпывающего потребления минерального сырья с внедрением безотходных технологий;
- определить комплексное изучение и использование минерального сырья и отходов в качестве главного пути развития промышленности и науки в Кузбассе;
- детально изучить размещение и распределение ценных и токсичных химических элементов в минеральном сырье (отходах) для выбора комплекса технологий эффективного их извлечения;
- создать новую отрасль промышленности по переработке вторичного минерального сырья;
- организовать в Кузбассе подготовку инженерных кадров (технологических и геологических специальностей), способных управлять меняющимся производством и решать текущие и перспективные задачи высокоэффективного изучения и использования полезных ископаемых.

Изложенное раскрывает новые перспективы развития экономики Кузбасса, ориентированные на реформирование ведущих отраслей индустрии. Достижение поставленной экономической цели и решения амбициозных задач позволит умножить валовый внутренний продукт в 2,0–3,0 раза, создать для промышленности благоприятные условия развития, увеличить занятость и улучшить качество жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых при разведке угля и горючих сланцев / Отв. редактор К. В. Миронов. М. : Наука, 1987.
2. Юзвицкий А. З., Станкус В. М., Шаклеин С. В., Западинский Л. А., Авдеев А. П., Череповский В. Ф. Угольные ресурсы Сибири и их рациональное использование // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1999. № 3.
3. Нифантов Б. Ф. Кузнецкий бассейн // Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. М. : Недра, 1996.
4. Еремин И. В., Броневец Т. М. Марочный состав углей и их рациональное использование: Справочник. М. : Недра, 1994.
5. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. М. : Недра, 1996.
6. Федорчук В. П., Оганесян Л. В. Основные этапы 300-летней истории геологической службы России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1999. № 1, 2, 3. С. 62.
7. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. № 89 - ФЗ. М.: Собрание Законодательства РФ. 1998. № 26. Ст. 3009. с. 5527–5537.

8. Арбузов С. И., Ершов В. В., Поцелуев А. А., Рихванов Л. П. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна. Кемерово, 2000. 248 с.
9. Инструкция по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев. М. : Наука; 1987.
10. Солодов Н. А., Семенов Е. И., Усова Т. Ю. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Иттрий и лантаноиды. Справочник. Москва, 1993.
11. Солодов Н.А. Особенности минерализации оксифильных редких металлов. М. : ИМГРЭ, 2000. С. 44–54.
12. Концевой А. А. Новые технологии переработки золошлаковых отходов углей Канско-Ачинского угольного бассейна // Уголь. 1999. № 5. С. 20.
13. Пушканов В. В., Балабушевич А. Г., Каплунов Ю.В., Панфилов Е.Б. Об использовании углеотходов в строительной отрасли и сельском хозяйстве // Уголь. 1999. № 5. С. 52.
14. Демидов Ю. В. Глубокая переработка – основа повышения роли угля // Уголь. 1999. С. 19.
15. Авдонин В. В., Бойцов В. Е., Григорьев В. М., Семинский Ж. В., Солодов Н. А. Месторождения металлических полезных ископаемых. М. : ЗАО «Геоинформарк», 1998. 269 с.
16. Орлов В. П. Минерально-сырьевая база России и мира: взгляд в XXI век // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1999. № 3. С. 2.
17. Кизильштейн Л. Я., Дубов И. В., Шпицглюз А. Л., Парада С. Г. Компоненты зол и шлаков ТЭС. М. : Энергоатомиздат, 1995. С. 52.
18. Шпирт М. Я. Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых / Под ред. Б. Н. Ласкорина. М. : Недра, 1986.
19. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М. : ООО «Геоинформцентр», 2003.
20. Нифантов Б. Ф., Потапов В. П., Митина Н. В. Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в Кузнецких углях. Перспективы переработки. Кемерово : Институт угля и углехимии СО РАН, 2003.
21. Нифантов Б. Ф., Заостровский А. Н., Занина О.П. Мониторинг геохимических показателей продуктов разделения золы Южно-Кузбасской ГРЭС при извлечении магнетита // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6. С. 102–109.
22. Нифантов Б. Ф., Заостровский А. Н. Возможности выгодной переработки углей и вторичного минерального сырья – отходов промышленных предприятий Кемеровской области // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2007. № 4. С. 60–64.
23. Нифантов Б. Ф., Заостровский А. Н. О высоких концентрациях ниобия и тантала в кузнецких углях // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2007. № 5. С. 68–72.
24. Нифантов Б. Ф., Заостровский А. Н. Минеральные ресурсы Кузбасса при реализации глубокой переработки угля // Вестник КузГТУ. 2008. № 5. С. 81–86.
25. Нифантов Б. Ф., Заостровский А. Н. Значение геохимических показателей для комплексного освоения месторождений угля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. № 6. С. 75–79.
26. Колмыков Р. П., Созинов С. А., Петрушина А. В., Михайлик Т. А. Исследование возможности альтернативного использования аргона или гелия в качестве газа-носителя в технологии лазерного пробоотбора золосодержащих материалов для использования в оптико-эмиссионной спектроскопии // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 6. С. 53–57.
27. Колмыков Р. П., Петрушина А. В. Влияние плотности компактов золы уноса и микрокристаллической целлюлозы на аналитические сигналы некоторых элементов при эмиссионном спектральном анализе с индуктивно связанной плазмой и лазерным пробоотбором // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 5. С. 14–19.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Заостровский Анатолий Николаевич, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (650000, Россия, г. Кемерово, Советский пр., 18), канд. техн. наук, доцент, catalys01@rambler.ru
Петрушина Анна Владимировна, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (650000, Россия, г. Кемерово, Советский пр., 18), канд. пед. наук, доцент, science@iccms.sbras.ru

Заявленный вклад авторов:

Заостровский А.Н. – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; сбор и анализ данных; выводы, написание текста.

Петрушина А.В. – научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; сбор и анализ данных; выводы, написание текста

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF INDUSTRIES AND SCIENCE IN KUZBASS

Anatoly N. Zaostrovsky
Anna V. Petrushina

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS

*for correspondence: catalys01@rambler.ru



Article info

Received:

16 November 2023

Accepted for publication:

10 December 2023

Accepted:

12 December 2023

Published:

21 December 2023

Keywords: Kuznetsk coal, rare and other metals, ash and slag waste, ore contents

Abstract.

The analysis of the results of the actual material on the geochemistry of Kuznetsk coals is given. The main geochemical, economic indicators characteristic of the developed coals, the distribution features of a number of elements included in their composition are described. High contents of valuable and toxic elements were found in Kuznetsk coals, products of their industrial extraction, enrichment and waste. The suitability of the mineral resource base of Kuznetsk coals and waste from their extraction and processing for the extraction of rare metals is substantiated. It is shown that they can become a new source of significant income in the implementation of a complex of deep processing.

Proposals have been formulated to organize the production of new competitive coal and other products in Kuzbass based on their quality and technological indicators and consumer properties. To do this, it is necessary to fine-tune the work for solvent consumers, stabilizing or even reducing the price and increasing the flow of coal. At the same time, the price will depend not on immediate needs, but on the quality indicators of coal products. At the same time, secondary regulators of the price of coal are grade, grade, ash content, humidity, calorific value, coking ability, caking ability and a number of other indicators.

The main directions for increasing the efficiency of operation of coal deposits in Kuzbass have been identified. The guiding goal of a developing economy is to achieve maximum economic effect from extracting full-scale benefits while meeting the demands of industry and the population for industrial products. New prospects for the development of the economy of Kuzbass, focused on reforming the leading industries, are shown. Achieving the set economic goal and solving ambitious tasks will allow us to multiply the gross domestic product by 2.0 - 3.0 times and create favorable development conditions for industry.

For citation: Zaostrovsky A.N. Petrushina A.V. Directions of development of industries and science in Kuzbass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 6(160):62-76. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-62-76, EDN: ASCUTW

REFERENCES

1. Instruksiya po izucheniyu i otsenke poputnykh tvordykh poleznykh iskopayemykh pri razvedke uglya i goryuchikh slantsev. Otv. redaktor K.V. Mironov. M.: Nauka; 1987.
2. Yuzvitskiy A.Z., Stankus V.M., Shaklein S.V., Zapadinskiy L.A., Avdeyev A.P., Cherepovskiy V.F. Ugol'nyye resursy Sibiri i ikh ratsional'noye ispol'zovaniye. *Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*. 1999; 3.
3. Nifantov B.F. Kuznetskiy basseyn. Tsennyye i toksichnyye elementy v tovarnykh uglyakh Rossii: Spravochnik. M.: Nedra; 1996.
4. Yeremin I.V., Bronovets T.M. Marochnyy sostav ugley i ikh ratsional'noye ispol'zovaniye: Spravochnik. - M.: Nedra; 1994.
5. Tsennyye i toksichnyye elementy v tovarnykh uglyakh Rossii: Spravochnik. M.: Nedra; 1996.
6. Fedorchuk V.P., Oganesyanyan L.V. Osnovnyye etapy 300-letney istorii geologicheskoy sluzhby Rossii. *Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*. 1999; 1,2,3:62.
7. Federal'nyy zakon «Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya» ot 24 iyunya 1998 g. № 9. FZ. M: Sobraniye Zakonodatel'stva RF. 1998; 26(3009):5527–5537.
8. Arbutov S.I., Yershov V.V., Potseluyev A.A., Rikhvanov L.P. Redkiye elementy v uglyakh Kuznetskogo basseyna. Kemerovo, 2000. 248 s.
9. Instruksiya po izucheniyu i otsenke poputnykh tvordykh poleznykh iskopayemykh i komponentov pri razvedke mestorozhdeniy uglya i goryuchikh slantsev. M.: Nauka; 1987.
10. Solodov N.A., Semenov Ye.I., Usova T.Yu. Trebovaniya promyshlennosti k kachestvu mineral'nogo syr'ya. Ittriy i lantanoidy. Spravochnik. Moskva, 1993.
11. Solodov N.A. Osobennosti mineragenii oksifil'nykh redkikh metallov. M.: IMGRE; 2000; 44–54.
12. Kontsevoy A.A. Novyye tekhnologii pererabotki zoloshlakovykh otkhodov ugley Kansko-Achinskogo ugol'nogo basseyna. *Ugol'*. 1999; 5:20.
13. Pushkanov V.V., Balabushevich A.G., Kaplunov YU.V., Panfilov Ye.B. Ob ispol'zovanii ugleotkhodov v stroitel'noy otrasli i sel'skom khozyaystve. *Ugol'*. 1999; 5:52.
14. Demidov Yu.V. Glubokaya pererabotka – osnova povysheniya roli uglya. *Ugol'*. 1999.
15. Avdonin V.V., Boytsov V.Ye., Grigor'yev V.M., Seminskiy Zh.V., Solodov N.A. Mestorozhdeniya metallicheskikh poleznykh iskopayemykh. M: ZAO «Geoinformark»; 1998.
16. Orlov V.P. Mineral'no-syr'yevaya baza Rossii i mira: vzglyad v XXI vek. *Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*. 1999; 3:2.
17. Kizil'shteyn L.Ya., Dubov I.V., Shpitsgluz A.L., Parada S.G. Komponenty zol i shlakov TES. M.: Energoatomizdat; 1995.
18. Shpirt M.Ya. Bezotkhodnaya tekhnologiya. Utilizatsiya otkhodov dobychi i pererabotki tvordykh goryuchikh iskopayemykh. Pod red. B.N. Laskorina. M.: Nedra, 1986.
19. Ugol'naya baza Rossii. Tom II. Ugol'nyye basseyny i mestorozhdeniya Zapadnoy Sibiri (Kuznetskiy, Gorlovskiy, Zapadno-Sibirskiy basseyny; mestorozhdeniya Altayskogo kraya i Respubliki Altay). M.: OOO «Geoinformatsentr»; 2003.
20. Nifantov B.F., Potapov V.P., Mitina N.V. Geokhimiya i otsenka resursov redkozemel'nykh i radioaktivnykh elementov v Kuznetskikh uglyakh. Perspektivy pererabotki. Kemerovo: Institut uglya i uglekhemii SO RAN; 2003.
21. Nifantov B.F., Zaostrovskiy A.N., Zanina O.P. Monitoring geokhimicheskikh pokazateley produktov razdeleniya zoly Yuzhno-Kuzbasskoy GRES pri izvlechenii magnetite. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2006; 6:102–109.
22. Nifantov B.F., Zaostrovskiy A.N. Vozmozhnosti vygodnoy pererabotki ugley i vtorichnogo mineral'nogo syr'ya – otkhodov promyshlennykh predpriyatiy Kemerovskoy oblasti. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2007; 4:60–64.
23. Nifantov B.F., Zaostrovskiy A.N. O vysokikh kontsentratsiyakh niobiya i tantala v kuznetskikh uglyakh. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2007; 5:68–72.
24. Nifantov B.F., Zaostrovskiy A.N. Mineral'nyye resursy Kuzbassa pri realizatsii glubokoy pererabotki uglya. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2008; 5:81–86.
25. Nifantov B.F., Zaostrovskiy A.N. Znachenije geokhimicheskikh pokazateley dlya kompleksnogo osvoyeniya mestorozhdeniy uglya. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2008; 6:75–79.
26. Kolmykov R.P., Sozinov S.A., Petrushina A.V., Mikhaylik T.A. Issledovaniye vozmozhnosti al'ternativnogo ispol'zovaniya argona ili geliya v kachestve gaza-nositelya v tekhnologii lazernogo probotbora zolosoderzhashchikh materialov dlya ispol'zovaniya v optiko-emissionnoy spektroskopii. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018; 6:53–57.
27. Kolmykov R.P., Petrushina A.V. Vliyaniye plotnosti kompaktnykh zoly unosa i mikrokristallicheskoy tsellyulozy na analiticheskiye signaly nekotorykh elementov pri emissionnom spektral'nom analize s induktivno svyazannoy plazmoy i lazernym probotborem. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2019; 5:14–19.

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Anatoly N. Zaoostrovsky, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS (650000, Russia, Kemerovo, Sovetsky pr., 18), Ph. D. tech. Sciences, Associate Professor, catalys01@rambler.ru

Anna V. Petrushina, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS (650000, Russia, Kemerovo, Sovetsky pr., 18), Ph. D. pedag. Sciences, Associate Professor, science@iccms.sbras.ru

Contribution of the authors:

Zaoostrovsky A.N. – statement of the research problem, scientific management; review of relevant literature; conceptualization of the study; data collection and analysis; conclusions, text writing.

Petrushina A.V. – scientific management; review of relevant literature; conceptualization of the study; data collection and analysis; conclusions, text writing.

All authors have read and approved the final manuscript.

