

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

- Верхотуров А.Д., Воронов Б.А., Коневцов Л.А., Макиенко В.М., Иванов В.И., Костюков А.Ю.** Об устойчивом развитии ресурсодобывающих регионов России на примере Дальневосточного региона 3

ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ МЕТАЛЛОВ И МАТЕРИАЛОВ

- Фомина Л.П.** Влияние химико-термической обработки на выносливость зубьев при изгибе 11

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ; ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

- Комшина А.В., Помельникова А.С., Шипко М.Н., Коровушкин В.В.** Влияние магнитно-импульсной обработки на дефекты поверхности, свойства и структуру сплава сендаст 15
- Гаманюк С.Б., Руцкий Д.В., Зюбан Н.А., Пузиков А.Я.** Влияние изменения геометрии донной части кузнечного слитка на особенности формирования и распределения неметаллических включений 23

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Иванова В.А., Хапеева В.В., Туров А.М.** Влияние свойств литейного кокса на структуру серого чугуна 29
- Чернышов Е.А., Евлампиев А.А., Гусева О.Б.** Сравнительный анализ и оценка эффективности способов регенерации отработанного формовочного песка 32
- Леушин И.О., Чистяков Д.Г.** Оптимизация технологии производства чугуновых литых заготовок стеклоформ с целью повышения эксплуатационного ресурса изделий 38

СВАРОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ; ПАЙКА

- Крампит А.Г., Дмитриева А.В.** Влияние параметров импульса на формирование сварного шва 43

СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА

- Гордеев А.Ф.** Напыление бескислородных тугоплавких соединений 46

Об устойчивом развитии ресурсодобывающих регионов России на примере Дальневосточного региона

А.Д. ВЕРХОТУРОВ¹, д-р техн. наук, проф., Б.А. ВОРОНОВ¹, чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, Л.А. КОНЕВЦОВ², канд. техн. наук, В.М. МАКИЕНКО³, д-р техн. наук, В.И. ИВАНОВ⁴, канд. техн. наук, А.Ю. КОСТЮКОВ⁴, канд. техн. наук

¹Институт водных и экологических проблем (ИВЭП) ДВО РАН, г. Хабаровск
E-mail: verhoturov36@mail.ru; тел. +7 (4212) 22-75-73

²Институт материаловедения Хабаровского научного центра ДВО РАН
E-mail: Konevts@narod.ru; тел. +7 (4212) 22-65-98

³Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск
E-mail: mvm_tm@festu.khv.ru; тел. +7 (4212) 40-76-53

⁴ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, г. Москва,
E-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru; тел. +7 (495) 371-27-56

Рассмотрена проблема обеспечения страны материалами и связанного с этим устойчивого развития ресурсодобывающих регионов России. Экспериментально подтверждена гипотеза о возможности получения с использованием высоких технологий материалов и изделий из минерального сырья в регионе его добычи, например, из вольфрамсодержащих концентратов Дальневосточного региона страны. Обоснована целесообразность создания кластеров, включающих геологические, горные, металлургические, химические, материаловедческие научные и производственные организации.

Ключевые слова: ресурсы, добыча, сырье, материал, кластер, исследования, производство, электроискровая обработка.

В современный период является актуальной задачей обеспечения машиностроительного производства высококачественными материалами для изготовления ответственных деталей, а также расходными материалами для ремонтного производства. Особое значение имеют материалы, содержащие такие легирующие элементы, как титан, вольфрам, молибден, ванадий и др. Использование их в качестве электродов при упрочнении и восстановлении различных изделий, например, электроискровой обработкой, по-

зволяет в несколько раз увеличить их износостойкость, а применение таких деталей в отремонтированных агрегатах способствует обеспечению их 100%-го ресурса [1], [2].

Доминирование в долгосрочной перспективе ресурсного сектора экономики, которое будет являться безальтернативным компонентом его экономической стратегии [3], [4], и высокая зависимость ресурсного сектора от международных рынков сырья потенциально создают ситуацию эффекта деиндустриализации. Концепция устойчивого и безопасного

развития предполагает, прежде всего, для ресурсодобывающих регионов РФ компромиссное решение. Во-первых, создание комплекса высокотехнологических производств по переработке регионального и транзитного сырья с экспортом и межрегиональным возвратом продукции переработки, и, во-вторых, формирование промышленных кластеров высокотехнологического характера.

Основой промышленности ресурсодобывающих регионов, например Дальневосточного (ДВ) региона, являются сырьевые производства с низкой долей добавленной стоимости. По мнению С.А. Пегова [5], проблема устойчивого развития таких регионов обусловлена необходимостью определения новых приоритетов в науке и технике, механизмов их реализации, снижения рисков в социально-экономической сфере, оптимизации процессов управления и развития инновационных мероприятий, новых технологий в условиях быстрого рассмотрения различных подходов. Это позволит определить стратегическое направление развития ресурсодобывающих регионов в условиях устойчивого развития. Концепция устойчивого развития — это идеология балансов интересов поколений в рамках экологической парадигмы [6]. Общепринятой концепции устойчивого развития пока не существует. Для разработки такой концепции необходимо определить стратегию развития страны, региона хотя бы до 2050 г. [3].

Предположительно в первой половине XXI в. российская экономика сохранит сырьевую направленность, так как предприятия, входящие в состав минерально-сырьевого комплекса, обеспечивают более 50% ВВП и до 70% экспортных поступлений. Сложившаяся в настоящее время ситуация вызывает необходимость изменения стратегии развития России. Аналогичный подход отмечается в работе академика В.И. Ишаева [7], который полагает, что без специальной политики и поддержки Дальний Восток может окончательно превратиться в сырьевой придаток динамично развивающихся стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Утверждая, что сейчас сырьевые отрасли поддерживают экономику, он по-

казывает, что сырьевая специализация региона постепенно исчерпывает свой потенциал, поэтому основой развития должна быть промышленная политика.

В.А. Анучиным изложены [8] предложения по применению концепции устойчивого развития: радикальное улучшение всего спектра взаимодействия общества с окружающей средой возможно только на пути перехода к принципиально новой технологии. Основой такого подхода к решению проблем материала является циклический круговорот вещества и материалов (ЦКВМ), который даже стал эмблемой международной Чикагской конференции [9]. В то же время в Германии уже более 10 лет в учебниках по материалам изучается «Цикл материалов». При этом отмечается значительное влияние нового подхода на формирование новой обобщающей науки о материалах — интегрального материаловедения, т.е. прослеживается жизнь материалов всех групп при их использовании в виде средств человеческой деятельности от зарождения до смерти и повторного использования в виде других средств деятельности. Такой подход приобретает большое значение в будущем [10]. В общем ЦКВМ можно условно выделить сырьевой и промышленный этапы. Промышленный этап успешно используется в промышленности развитых странах, тогда как сырьевому уделяется недостаточное внимание. В то же время для ДВ-региона и России в целом сырьевой этап представляет значительный научный и практический интерес в связи с необходимостью создания производств по переработке минерального сырья (МС) и получению материалов и изделий.

Учитывая особенности сырьевого этапа (рис. 1), нами предложен новый вариант ЦКВМ, который, по нашему мнению, обеспечивает возможность устойчивого развития ДВ-региона. При этом необходимо исследование ЦКВМ с целью создания руководящей организации и реализации оптимального варианта развития сырьевого этапа, управления промышленным производством по рациональному использованию МС в местах его добычи и переработки. В данной работе рассматрива-

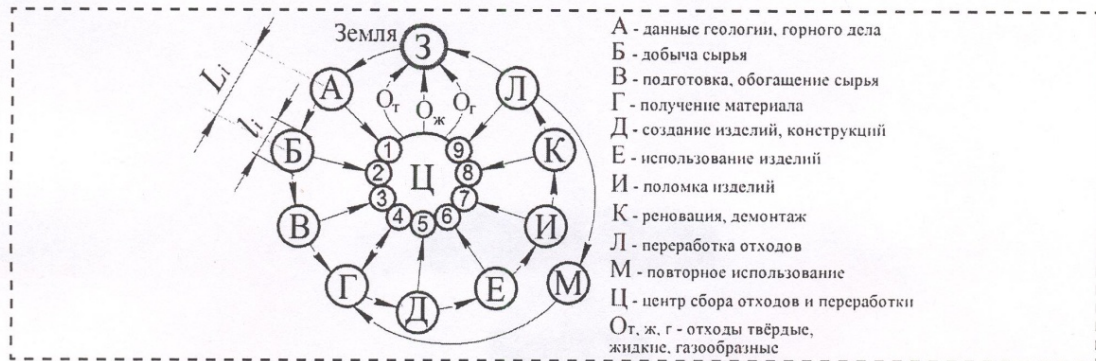


Рис. 1. Схема варианта ЦКВМ

ется преимущественно сырьевой этап ЦКВМ, включающий данные геологии, добычи сырья, его обогащения, подготовки, получения материалов, а также складирования, хранения сырьевых отходов и их последующего использования. Необходим комплексный подход к проблеме получения и использования материала с учетом всех циклов, в том числе экологизации производства.

Эффективность сырьевого этапа ЦКВМ, как показывает анализ, во многом зависит от длительности (l_i) составляющих его звеньев и от длительности переходов (звеньев связей) между ними (L_i) (см. рис. 1). При этом снижение их значений приводит к снижению энтропии:

$$L_{\min} \rightarrow S_{\min} \text{ и } l_{\min} \rightarrow S_{\min},$$

где S — энтропия окружающей среды при движении вещества от одного к другому составляющим звеньям ЦКВМ и осуществлении в них технологических процессов.

Мы предлагаем рассмотреть две первоочередные гипотезы: для уменьшения энтропии окружающей среды необходимо уменьшение длительности между составляющими звеньями сырьевого этапа ЦКВМ; для уменьшения энтропии окружающей среды региона необходимо уменьшение длительности каждого составляющего звена сырьевого этапа ЦКВМ. Для этого необходимо использование передовых технологий обработки сырья и получения материалов, исключающих применение экологически опасных пиро- и гидротал-

лургических процессов, так как использование высоких технологий позволит обеспечить не только комплексную и рациональную переработку, но и выполнение экологических требований, превращение ресурсодобывающих — в развитые регионы, в поставщиков материалов, изделий, продуктов.

В работе [11] сформирован новый раздел материалологии — энтропийно-эколого-минералогическая материалология, новое направление по комплексному рассмотрению и исследованию движения вещества и материалов, т.е. исследованию состава, структуры и их свойств от сырья до получения материалов, изделий, отходов. При этом подраздел энтропийно-экологической материалологии изучает движение вещества и материалов на сырьевом этапе ЦКВМ — минералогической материалогией, которая исследует также возможность получения материалов из минерального сырья в регионе его добычи с использованием высоких технологий [12], [13].

Однако полной экологизации производства материалов, получения изделий из них, эксплуатации и повторного использования изделий после износа или поломки движение вещества и материалов по замкнутому ЦКВМ не обеспечивает, поэтому идеальным случаем является не замкнутый на биосферу ЦКВМ, а разомкнутый, когда отходы полностью перерабатываются без повышения энтропии биосферы и рационально используются при производстве человеком материальных благ (рис. 2).

В ДВ-регионе для изучения возможности получения материалов из минерального сырья в регионе его добычи с использованием данных геологических исследований, сведений о составе и качестве добываемых руд и получаемых концентратов выполнены экспериментальные исследования, т.е. в соответствии с этапами ЦКВМ последовательно реализована цепочка: геология — горное дело — обработка сырья — получение материалов — использование материалов (см. рис. 1) и обозначена методологической схемой, приведенной ниже.

Результаты, в том числе ранее выполненных работ [14]—[17], показали перспективность направления при решении проблемы получения материалов и изделий, например, из вольфрамсодержащего МС Лермонтовского ГОКа.

Методологическая схема получения материалов из МС в условиях устойчивого развития региона следующая: 1) проблема комплексного, рационального получения материалов, продуктов из природного сырья в условиях устойчивого развития ресурсодобывающих регионов; 2) анализ данных по устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов, анализ геологических данных, экологической обстановки; 3) формирование идеи и стратегии развития ресурсодобывающих регионов, в том числе Дальневосточного; 4) анализ данных по развитию технологий переработки МС, тенденций развития науки о материалах; 5) исследование циклического круговорота вещества и материалов на начальном его периоде; 6) предложение гипотез по решению идеи и стратегии развития ДВ-региона в условиях устойчивого развития: а) сокращение расстояний (времени) между циклами ЦКВМ; б) получение материалов при воздействии концентрированных потоков энергии на сырье; в) получение материалов в плазменном котле при глубокой переработке сырья; 7) исследование минерально-сырьевой базы и выбор сырья для получения материалов; 8) уточнение методологии получения материалов по выбранному сырью и методу переработки; 9) экспериментальные исследования по получению материалов при выбранных методах обработки



Рис. 2. Схема не замкнутого на биосферу ЦКВМ

выбранного сырья; 10) исследование состава, структуры и свойств полученных материалов; 11) выводы.

Использовали методологический подход, изложенный в работе [18]. Методология в целом базировалась на основных достижениях минералогической материаловедения [19].

1. Получение вольфрамсодержащих материалов методом алюминотермии. Плавку проводили внепечным способом в реакторе с жаропрочной футеровкой. Реакция, инициируемая электрозапалом, далее проходила без внешнего подогрева на воздухе. Для улучшения условий формирования сплава в компактном виде в шихту вводили флюсы (CaO , CaF_2), снижающие температуру плавления и вязкость шлаковой фазы. Количество флюсующей добавки определялось исходя из расчета соотношения $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ в шлаке, равного $\sim 0,2$. В результате плавки получали продукты двух видов: металлическая фаза в виде компактного слитка и шлак, легко отделяющиеся друг от друга. Эта технология использовалась для получения электродных материалов для электроискрового легирования (ЭИЛ) металлических поверхностей состава W—Me (Fe , Cr , Mo , Zr , Co , Ni). Подбиралась специальная шихта, состоящая из шеелита и оксидов указанных металлов, а также алюминия. Элементный состав полученной металлической фазы следующий: 77,5...49,0% W ; 22...35,5% Me (металлическая связка); 1,1...2,8% Al ; 1,0...1,6% Si и до 2,9% оксидов. Полученные материалы использовали в качестве электродов для ЭИЛ стали 45. Физико-химические и эксплуатационные характеристики в большинстве случаев превышали характеристики, полученные при использовании стандартных вольфрамсодер-

жащих твердых сплавов ВК8. Интенсивность изнашивания при ЭИЛ сплавом ВК8, равная шести единицам, при использовании приведенных сплавов составляла 3,8...4,3. Жаростойкость повышалась в 1,2...1,5 раза.

2. Получение материалов с использованием концентрированных потоков энергии.

Получены вольфрамсодержащие материалы методом электрошлакового переплава (ЭШП) [18], [20]. ЭШП стальной проволоки в шлаковой ванне, содержащей шеелитовый концентрат, выполняли на спроектированной и изготовленной в ДВГУПС установке с режимами: $L = 350 \dots 1000$ А, $U = 20 \dots 90$ В, скорость подачи проволоки 1,5...6,3 м/мин. Получаемый материал формировался в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе с рабочим объемом $40 \times 40 \times 100$ мм³. Сформированы составы двух флюсов: первый содержал неметаллические материалы (известняк, плавиковый шпат и др.) и шеелитовый концентрат в соотношении 1:1; второй — неметаллические материалы, шеелитовый концентрат и NiCr в соотношении 1:1:1. Металлографический, электронно-скопический и микрорентгеноспектральный методы анализа показали, что полученный материал состоит из механической смеси интерметаллидов Fe₂W, твердых растворов Fe(W) и W(Fe). Содержание вольфрама в сплавах составляло от 10 до 77,6% на отдельных участках. Полученные сплавы могут быть использованы в качестве ферросплавов при выплавке легированных вольфрамом конструкционных сталей (броневых сталей) или, после переплава с углеродом с добавками V, Mo, в качестве быстрорежущих сталей.

Полученные сплавы использовали также в качестве электродов при ЭИЛ. Показана сравнительная эффективность формирования легированного слоя при использовании сплавов, полученных при ЭШП, алюминотермией и комбинированным методом; эффективность использования полученных сплавов для легирования режущего инструмента показала повышение их стойкости при резании стали 45.

3. Получение материалов методами порошковой металлургии, создание новых композиционных оксидных и боридных керамических

материалов на основе цирконийсодержащего МС [21]. Экспериментально показано непосредственное (минуя гидро- и пирометаллургический переделы) использование МС ДВ-региона: бадделеитового концентрата, брусита и глины для получения жаростойкого керамического композиционного материала. Разработанные составы на основе многокомпонентной системы ZrO₂-Al₂O₃-SiO₂ рекомендованы для создания материалов и изготовления медицинских тиглей повышенной термостойкости.

4. Получение материалов с использованием готового сырья, например, механическим размолотом (известняк) или плавлением (базальт), т.е. без изменения их фазового и химического состава, в основном вследствие изменения структуры. Например, выполнены исследования по разработке и получению базальтовых волокон из магматических пород на основе изменения их структуры и исследован процесс волокнообразования при переработке расплавов магматических горных пород в базальтовое волокно. Разработанный состав шихты (78% — базальт Марусинского месторождения, 22% — известняк) позволяет получить базальтовое волокно, обладающее высокими термостойкостью (до 700 °С), температурой начала спекания (>1000 °С) и водостойкостью ($pH \leq 4$) из базальтовых пород ДВ-региона. Полученные в работе экспериментальные и теоретические результаты положены в основу разработанных технологических процессов получения базальтоволоконных материалов с высокими эксплуатационными свойствами для производства на их основе матов прошивных, плит на синтетическом и минеральном связующем, а также других термостойких теплоизоляционных изделий. На Хабаровском заводе базальтового волокна «Базалит ДВ» [22] проведена опытная проверка разработанной технологии.

Таким образом, ресурсодобывающие регионы имеют значительные возможности для организации минерало-материаловедческого кластера. Например, ДВ-регион имеет громадные запасы МС, научные и учебные организации, решающие вопросы геологии,

горного дела, материаловедения, металлургии, химической технологии, позволяющие обеспечить цепочку связи от МС до готового материала и изделий из него (рис. 3).

В связи с этим предлагается создание регионального минерало-материаловедческого кластера. Генеральным направлением научных задач, решаемых кластером, должно быть превращение региона из поставщика сырья в поставщика материалов и изделий. В ДВ-регионе виртуально такой кластер уже существует, объединяя ряд институтов: водных и экологических проблем, химии, материаловедения ДВО РАН и университетов ДВГУПС и ТОГУ, что позволяет, например, выпускать опытные партии электродных материалов, использовать их для ЭИЛ и сварочного производства.

Задачи науки о материалах в современных условиях ее развития следующие: 1) комплексное и рациональное использование МС; 2) сокращение применения пирро-, гидрометаллургических технологий; 3) резкое (на порядок) снижение энергопотребления; 4) использование технологий с применением концентрированных потоков энергии; 5) экологическая безопасность производства материалов и снижение энтропии; 6) уменьшение отходов при производстве материалов, отходы одного производства должны служить материалом (сырьем) для другого производства; 7) создание мини-заводов, мини-предприятий по получению материалов в регионе добычи сырья, сокращение транспортных расходов; 8) изучение пути «жизни» материала (последовательности переработки и использования от добычи сырья, получения материала и до отходов); изучение состава и структуры с целью совершенствования циклов, загрязняющих окружающую среду, снижения энергопотребления, уменьшения объемов потребления сырья; 9) создание нового оборудования для перера-

ботки сырья и получения материалов в условиях устойчивого развития

В минерало-материаловедческий кластер, например, ДВ-региона, должны входить институты: горного дела, тектоники и геофизики, химии, машиноведения и металлургии, водных и экологических проблем, материаловедения ДВО РАН, а также КнАГТУ, ДВГУПС и ТОГУ (рис. 4). Ученый Совет кластера должен определять и уточнять тактические и стратегические задачи по переработке МС, технологии получения материалов и изделий, созданию оборудования для переработки МС, определять научную и практическую деятельность кластера, поддерживать связь с властями и административными структурами и иметь в них своего представителя.

Опытно-экспериментальный центр должен осуществлять экспериментальные исследования по определению состава, структуры и свойств сырья, полупродуктов, материалов и изделий, а также осуществлять исследования по воздействию концентрированных потоков энергии на сырье, полупродукты с использованием различных методов (алюминотермии, самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, плазменного, ЭШП, искрового, дугового, механоактивационного, лазерного, электронно-лучевого и других).

Первоначально лаборатории опытно-экспериментального центра могут располагаться в отдельных институтах, университетах или предприятиях. Предприятия геологического профиля должны формировать банк данных по сырью с его характеристикой. Предприятия горного профиля — банк данных по добываемому сырью с характеристикой шлихов и концентратов по действующим на предприятиях нормам и отходам горнорудного производства. Экологические организации — изучение экологической обстановки

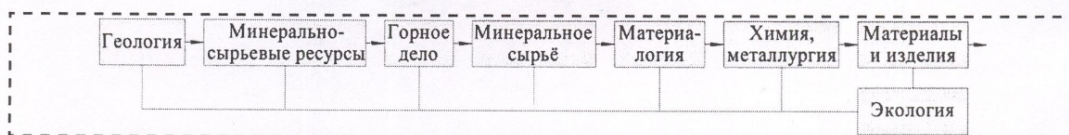


Рис. 3. Цепочка связей сырьевого этапа

на горнорудных предприятиях, металлургических и химических производствах и окружающей среде, обеспечивать экспертизу применяемых технологий и создаваемого оборудования. Предприятия по выпуску оборудования и материалов должны располагаться в отдельных зданиях и подчиняться непосредственно руководителю кластера. При этом предприятия могут (и должны) образовывать малые предприятия, например по созданию плазменного оборудования, ЭШП, выпуску сварочных электродов, электродов для ЭИЛ, инструментальных материалов и т.д.

Такой кластер (см. рис. 4) — совершенно новое формирование единого поля профессионального общения, а также информационного обмена, распространения знаний и технологий по получению материалов и изделий в условиях устойчивого развития ресурсодобывающих регионов. Кластерообразующие институты, предприятия и организации должны опираться как на опытно-экспериментальный центр, так и на совместные предприятия по выпуску материалов и оборудования, особенно на стадии становления.

Опыт показывает, что ряд ученых РФ, в том числе академиков и членкоров РАН, участвуют в работе властных структур. Не исключается возможность их участия в работе Ученого Совета создаваемого кластера, что не только повысит его авторитет, но и позволит ускорить решение первоочередных вопросов его

становления и повышения эффективности работы.

Таким образом, для создания минерало-материаловедческого кластера существуют объективные предпосылки, позволяющие превратить регион из поставщика МС в производителя материалов и изделий. Ранее мы предлагали для этих целей организацию мини-заводов, мини-предприятий по получению материалов [12], [23]. Однако проблема оказалась более сложной и потребовала комплексного рассмотрения, привлечения к ее решению высококвалифицированных специалистов — геологов, горняков, химиков, металлургов, механиков, экологов. И такие специалисты имеются, например, в ныне существующем виртуальном ДВ-кластере, сети учебных и исследовательских институтов ДВО РАН.

Создание подобных кластеров — один из основных аспектов развития как ресурсодобывающих регионов, так и страны в целом для устойчивого развития. Это направление деятельности научной элиты (в том числе управляющей элиты) должно быть как можно скорее осознано и как можно быстрее материализовано. Основой Дальневосточного минерало-материаловедческого кластера является необходимость превращения ДВ-региона из поставщика сырья в поставщика материалов и изделий. Базируется такое положение, главным образом, на возможности восстановления МС (руд и концентратов) при воздействии концентрированных потоков энергии и использовании методов порошковой металлургии.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

Одним из направлений устойчивого развития ресурсодобывающих регионов и сохранения биосферы является изучение ЦКВМ. Оно включает результаты комплексных исследований по использованию МС в области геологии, горного дела, материаловедения, металлургии, химии и других областях научных знаний.

Основной нового вектора науки о материалах является комплексное изучение ЦКВМ, базирующееся

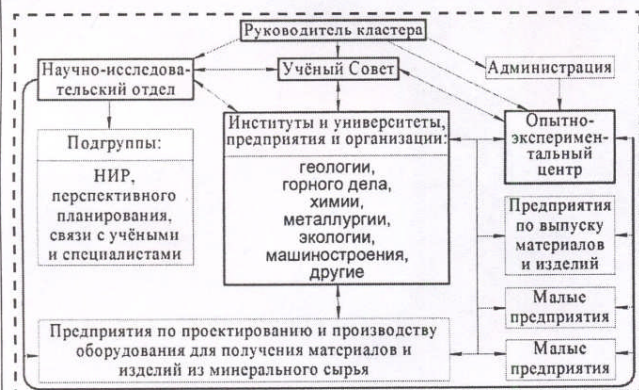


Рис. 4. Предлагаемая схема структуры минерало-материаловедческого кластера

на новом разделе материаловедения — энтропийно-экологической материаловедения, при этом особое внимание следует уделять сокращению длительности составляющих звеньев ЦКВМ и связей между ними для снижения энтропии и трудозатрат с применением передовых технологий получения материалов, например в ДВ-регионе.

Экспериментальная работа по получению материалов из МС ДВ-региона с использованием высоких технологий подтверждает гипотезу о возможности получения материалов и изделий в регионе добычи сырья, например, из вольфрамсодержащих концентратов при исключении экологически опасных пирро- и гидрOMETАЛЛУРГИЧЕСКИХ процессов.

Предлагается создание Дальневосточного минерало-материаловедческого кластера, в состав которого должны входить геологические, горные, металлургические, химические, материаловедческие научные и производственные организации, а также вариант структуры кластера. Основной задачей кластера должно быть превращение ДВ-региона из поставщика сырья в поставщика материалов и изделий, что позволит обеспечить его устойчивое развитие.

Список литературы

1. Черноиванов В.И. Состояние и перспективы применения электроискровых технологий в ремонтном производстве // Труды ГОСНИТИ. 2010. Т. 106. С. 19—24.
2. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / МГУ им. Н.П. Огарева и др.; Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин, В.И. Иванов, С.А. Величко, П.А. Ионов. Саранск: Красный Октябрь, 2003. 504 с.
3. Синтез научно-технических и экономических прогнозов: Тихоокеанская Россия — 2050. Под ред. П.А. Минакир, В.И. Сергиенко. РАН, ДВО, Ин-т экономич. исслед. Владивосток: Дальнаука, 2011. 912 с.
4. Минакир П.А., Прокопенко О.М. Региональная экономическая динамика. РАН, ДВО, Ин-т экономич. исслед. Хабаровск: ДВО РАН, 2010. 304 с.
5. Пегов С.А. Устойчивое развитие в условиях глобальных изменений природной среды // Вестник РАН. 2004. Т. 84. № 12. С. 1082—1089.
6. Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С. Концепция устойчивого развития: восприятие в России // Вестник РАН. 2004. Т. 74. № 1. С. 28—36.
7. Ишаев В.И. Россия в глобальном мире. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2003. 364 с.
8. Анучин В.А. Основы природопользования. Теоретический аспект. М.: Мысль, 1978. 293 с.
9. Materials Week. International Conference of Minerals. Metals and Materials Society. Oktober 2—6. Rosemont (Chicago), Illinois, USA. 1994. P. 1183.
10. Hornbogen E., Eggeler G., Werner E. Werkstoffe. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. 486 p.
11. Верхотуров А.Д., Воронов Б.А., Коневцов Л.А. Энтропийно-экологическая материаловедения // Экология промышленного производства. 2012. № 1. С. 5—15.
12. Верхотуров А.Д., Фадеев В.С. Некоторые вопросы современного состояния и перспективы развития материаловедения. Владивосток: Дальнаука, 2004. 320 с.
13. Верхотуров А.Д. Минералогическое материаловедение как раздел науки о материалах // Химические технологии. 2002. № 7. С. 2—8.
14. Цветков Ю.В. Плазменная металлургия и проблемы комплексного использования сырья // Комплексное использование руд и концентратов. М.: Наука, 1989. С. 27—37.
15. Туманов Ю.Н. Новые технологии для химико-металлургических процессов получения неорганических материалов // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 12. С. 1082—1116.
16. Бабенко Э.Г., Верхотуров А.Д., Григоренко В.Г. Основные аспекты транспортного минералогического материаловедения. Владивосток: Дальнаука, 2004. 224 с.
17. Проблемы и перспективы эффективного использования минерального сырья Дальнего Востока для производства металлических материалов. Под ред. В.И. Сергиенко. Владивосток: Дальнаука, 2009. 195 с.
18. Коптюг В.А., Матросов В.Н., Левашов В.К., Демьяненко Ю.Г. Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России. Проблемы формирования национальной стратегии. Владивосток: Дальнаука, 1997. 84 с.
19. Верхотуров А.Д., Воронов Б.А., Коневцов Л.А. О методологических основах минералогической материаловедения // Труды V Евразийского симпозиума: Пленарные доклады. Якутск: ЯНЦ СО РАН. 2010. С. 46—54.
20. Верхотуров А.Д., Бабенко Э.Г., Макенко В.М. Методология сварочных материалов. Хабаровск: ДВГУПС, 2009. 128 с.
21. Николенко С.В., Верхотуров А.Д., Власова Н.М., Баранов В.А. Получение керамики из цирконийсодержащего сырья, стабилизированного бруситом // Вестник приамурского регионального отделения РАЕН. 2000. № 1. С. 45—50.
22. Верхотуров А.Д., Макаревич К.С., Осина Т.И., Потапова Н.М. Термостойкие базальтоволоконные материалы из магматических пород Дальнего Востока // Международный симпозиум «Принципы и процессы создания неорганических материалов — 2006». Хабаровск, 2006. С. 111—113.
23. Верхотуров А.Д., Шпилев А.М., Евстигнеев А.И. Основы материаловедения. Т. 1. Владивосток: Дальнаука, 2012. 270 с.

Уважаемые читатели!

Открыта подписка на ежемесячный производственный,
научно-технический и учебно-методический журнал

«Технология металлов»

на 1-е полугодие 2014 г.

Журнал распространяется только по подписке

Стоимость подписки на 1-е полугодие — **24 600** руб.

Стоимость одного номера журнала — **4100** руб., НДС не облагается

**Вы можете оформить подписку с любого номера журнала
до 25-го числа предподписного месяца.**

- ☞ по каталогу ОАО «Агентство Роспечать», подписной индекс **47651**;
- ☞ по объединенному каталогу, подписной индекс **29077**;
- ☞ по безналичному расчету: ИНН 7728161750, ООО «Наука и технологии», р/с 40702810500180001470, в ОАО «МИНБ», Москва, к/с 30101810300000000600, БИК 044525600.

В платежном поручении (или почтовом переводе) в графе «Назначение платежа» укажите: «Подписка на журнал «Технология металлов» на 1-е полугодие 2014 г.». Укажите адрес, ИНН, название организации (или Ф.И.О. получателя), телефон.

Только при подписке в редакции или по безналичному расчету подписная цена журнала включает и стоимость пересылки.

Внимание! На нашем сайте www.nait.ru открыта электронная подписка на полнотекстную версию журнала с мая 2009 г.

Редакция журнала предоставляет вам возможность опубликовать свои материалы о новых научных и технических разработках и достижениях, а также об опыте организации производства.

*По вопросам формирования редакционного портфеля
обращайтесь по адресу:*

105425, Москва, Сиреневый б-р, д. 14, корп. 1.
Тел./факс: (499) 164-47-74, тел.: (499) 748-20-98; e-mail: admin@nait.ru

*По всем вопросам подписки, размещения рекламных и информационных материалов
обращайтесь по адресу:*

105425, Москва, Сиреневый б-р, д. 14, корп. 1.
Тел./факс: (495) 223-09-10, (499) 748-20-98.

E-mail: market@nait.ru
<http://www.nait.ru>