

## ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ОЛОВСОДЕРЖАЩИХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

**Аннотация.** Проведен анализ химического, фазового состава Хинганского ГОКа. Показано, что для устранения техногенных загрязнений, расширения сырьевой базы Дальнего Востока, необходима их переработка с возможностью получения новых композиционных материалов на основе Fe. Разработана методология переработки отходов минерального сырья. На примере переработки отходов с использованием электрошлакового переплава получены новые материалы.

**Ключевые слова:** переработка отходов горного производства, электрошлаковый переплав, сплавы.

### Введение

Дальний Восток – это минерально-сырьевая база России. Из года в год осуществляется добыча полезных ископаемых, но так как то или иное горнодобывающее предприятие исчерпывает запасы на одной территории, продвигается дальше, оставляя за собой тонны отходов.

По утверждениям академика И.Н. Трубецкого: только 10 % минерального сырья превращаются в готовую продукцию, а остальные 90 % идут в отходы, обостряя экологическую обстановку региона [1]. Отвалы отходов обогащения хранятся в «хвостохранилище», которое является основным источником загрязнения. Схема влияния хвостохранилища на компоненты природной среды представлена на рис. 1 [2].

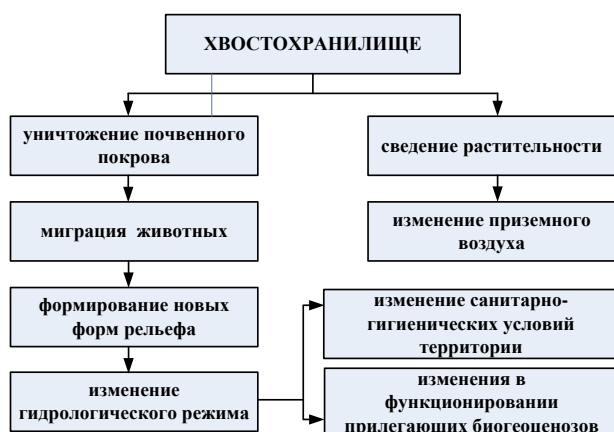


Рис. 1. Влияние хвостохранилища на компоненты природной среды

В настоящее время в связи с появлением глобальных проблем человечества, которые применительно к минерально-сырьевому комплексу и получению материалов, выражаются с катастрофическим уменьшением запасов минерального сырья и все ухудшающей экологической обстановкой. В связи с этим использование отходов мине-

рального сырья расширяет ее базу, способствует снижению экологической опасности в регионе залегания.

В работе [3] на примере отдельных регионов показано, что проблемы их устойчивого развития, как и России в целом, теснейшим образом связаны с рациональным использованием природно-ресурсного потенциала. Россия, и всё человечество имеет пределы роста, объясняющиеся ограниченностью ресурсов природы и законами совместного развития природы и общества. Они таковы, что при естественном развитии может наступить глобальная катастрофа уже в XXI веке. К этой угрозе необходимо отнестись очень серьезно и одним из вариантов уменьшения этой угрозы являются:

- использование отходов для производства материалов, на основе принцип современной науки;
- сокращение и рациональное использование отходов при производстве материалов;
- создание мини-заводов, мини-предприятий по получению материалов из отходов;
- изучение пути «жизни» материалов, формирование циклов переработки, снижающих их загрязнение окружающей среды, энергопотребление при переработке минерального сырья.

В связи с начальным этапом исследований по получению материалов из минерального сырья было изучение возможности переработки отходов Хинганского ГОКа и использованием концентрированных потоков энергии.

На сегодняшний день многие страны ориентируются на развитие горнодобывающей промышленности, как пишет И.П. Бардин: «отходы одних технологических пределов минерального сырья или производств, должны служить сырьем для других» [4]. Таким предприятием является Хинганское, которое осуществляло добычу олова с 1946 по 2005 год, оставив после себя около 4 млн тонн отходов. По данным института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН в 2011 году

было установлено, что имеются превышения солей тяжелых металлов в почве, воде (р. Левый Хинган, его притоках) и в непосредственной близости от мест ведения горных работ [5]. Тяжелые металлы представляют опасность на экосистему, а так же способствуют возникновению экологически обусловленных заболеваний. Отходы горного производства нарушают экологическое равновесие в природе, мигрируют по цепи: отходы – почва – растительность – человек [6]. Для разрешения данной проблемы предлагается переработка отходов. Анализы проб с «хвостохранилищ» Хинганского ГОКа показали, что их состав может использоваться для получения новых композиционных материалов, что будет экономически выгодно, и является одним из важнейших направлений устранения экологических опасностей региона.

Целью исследования, является получение новых материалов с использованием отходов Хинганского ГОКа.

### Методология, материал, оборудование

Работа выполнялась в соответствии с предлагаемой методологической схемой, которая представлена на рис. 2. В работе использовались основные положения, выводы, научно-методологические и технологические принципы создания новых материалов на основе минерального сырья, описанные в работе [7].

Для создания нового материала из отходов горнодобывающей промышленности помимо методологической схемы (рис. 2), можно воспользоваться методологической формулой [6]: назначение материала → анализ известных данных → идея материала → изучение состава, структуры, свойств → технология получения материала → изучения состава структуры, свойств → технология обработки материала и форма → свойства = вещь\*. За вещь\* мы представляем новый материал, который в последствии будет использоваться в качестве электроды для электроискрового легирования металлических поверхностей поврежденных частей подвижного состава.

Как уже говорилось во введении, влияние горного производства представляет экологическую опасность. Основные источники загрязнения являются «хвостохранилища». Для подтверждения факта о содержании тяжелых металлов в хвостохранилище Хинганского ГОКа, в 2011 и в 2014 году были отобраны пробы. Их анализ показал, что элементы располагающиеся в различной глубине хвостохранилища, мигрируют, распространяясь в почве, в воде и вблизи мест хранения отходов [5]. По диаграммам (рис. 3 и 4) видно, что, хвостохранилища, освобождаясь от тяжелых металлов, теряют свои свойства, что в последствии не будут представлять коммерческий интерес.

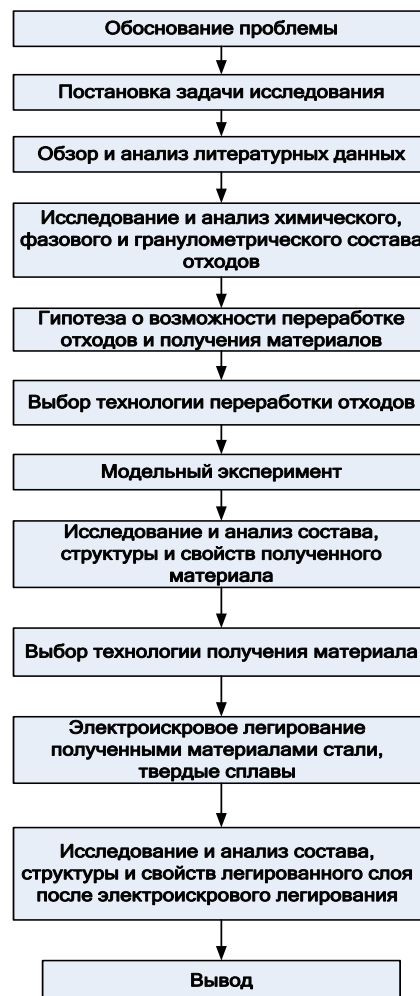


Рис. 2. Методологическая схема

В хвостохранилищах Хинганского ГОКа содержится около 33 % Fe, что целесообразно извлекать для производства вяжущих и строительных, углеродистых и легированных материалов. А так же отходы богаты различными элементами: V, Cr, Zn, Nb, Mo, что приведены на рис. 3. Концентрация данных элементов менее 5 %, но это достаточно для получения новых композиционных материалов.

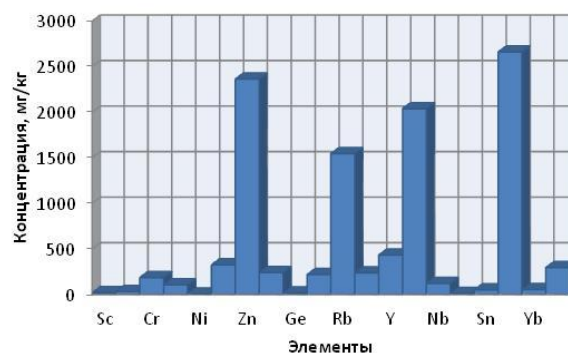


Рис. 3. Химический анализ проб хвостохранилища за 2011 год

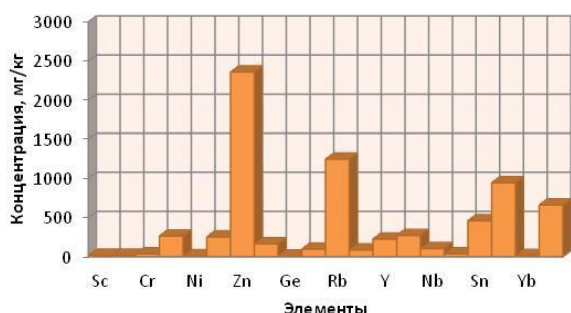


Рис. 4. Химический анализ проб хвостохранилища за 2014 год

Процесс создания новых материалов осуществлялся на изготовленной ДВГУПС установке для электрошлакового переплава, с использованием флюса АН-22 и проволоки Св-08г2с, а так же двенадцати проб из хвостохранилища Хинганского ГОКа. Пробы отбирались в зависимости от окраса почвы с поверхности хвостохранилища и до глубины 170 см.

Проведен повторный химический анализ состава проб, который непосредственно использовался для эксперимента. На рис. 5 представлена сумма концентрации элементов без отображения Fe. Суммарная концентрация Fe всех проб составила 337842,39 мг/кг, что значительно превышает по содержанию остальных элементов.

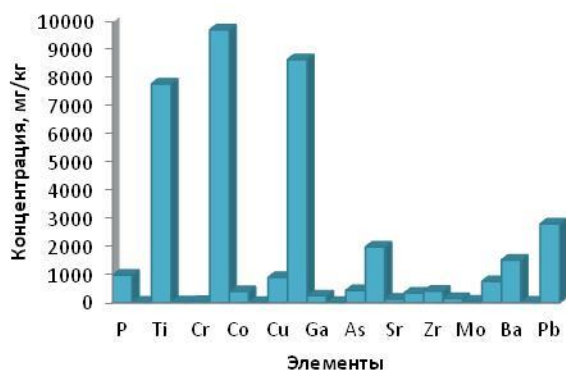


Рис. 5. Химический состав двенадцати проб отходов хвостохранилища № 2 и 3

### Результаты

Переплав осуществлялся в следующих режимах:  $I = 300...400$  А,  $U = 40$  В, напряжение в сети 380 В. Для осуществления процесса электрошлакового переплава использовалось 200 г флюса, 50 г отходов, проволока Св-08г2с. Один метр проволоки переплавлялся за 40...60 с. Время затраченное на переплав одного образца составлял от 5 до 10 минут. Высота шлаковой ванны 14 см, высота до флюса 6,5 см. Всего заготовок двенадцать штук с размерами: 80...90 мм;  $\varnothing$  25...35 мм и весом 700...1000 г. В табл. 5 представлены две заго-

товки, после удаления гарнисажа. Все двенадцать образцов были нами промаркированы.

Таблица 1

### Заготовки полученные электрошлаковым переплавом

Наименование	Заготовка
ЭШХ - 1*	
ЭШХ - 8*	

*Примечание:* \* – две первых буквы указывают на то, что данная заготовка была изготовлена электрошлаковым переплавом (ЭШ), третья буква на то, что проба отобрана с Хинганского ГОКа (Х), следующие за ними цифры это порядковый номер пробы, где отсчёт начинается с поверхности и до глубины 170 см.

В табл. 2 представлены двенадцать промаркированных заготовок, в ней расписаны компоненты применяющиеся в их изготовлении.

Таблица 2

### Маркировка заготовок

Номер	Наименование	Сырьё
1	ЭШХ – 1	пульпа с поверхности хвостохранилища № 2 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
2	ЭШХ – 2	пульпа с поверхности хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
3	ЭШХ – 3	пульпа на глубине 0...25 см хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
4	ЭШХ – 4	пульпа на глубине 25...30 см хвостохранилища №3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с

Продолжение табл. 2

Номер	Наименование	Сырьё
5	ЭШХ – 5	пульпа на глубине 30...40 см – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
6	ЭШХ – 6	пульпа на глубине 40...45 см хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2
7	ЭШХ – 7	пульпа на глубине 45...95 см хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2
8	ЭШХ – 8	пульпа на глубине 95...115 см хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
9	ЭШХ – 9	пульпа на глубине 115...120 см хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
10	ЭШХ – 10	пульпа на глубине 120-145 см хвостохранилища №3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
11	ЭШХ – 11	пульпа на глубине 145...150 см хвостохранилища № 3 – 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с
12	ЭШХ - 12	пульпа на глубине 150...170 см хвостохранилища № 3– 50 г; флюс АН-22 – 200 г; проволока Св-08г2с

Было произведено измерение твердости полученного материала. По замерам твердости было выявлено, что образцы мягкие и их структура не однородна. Твердость материала увеличивается в зависимости от глубины пробы в различных частях хвостохранилища, так например: твердость ЭШХ-1 составляет 149 НВ, а ЭШХ-12 – 156 НВ. Среднее значение твердости всех образцов, по Бринеллю – 152,7 НВ, по Роквеллу – 71,6 НРВ.

Как видно из рис. 6 микроструктура материалов ЭШХ-5, ЭШХ-6, ЭШХ-11 не имеет резких изменений, что говорит об общих свойствах.

На Spectroscan МАКС – GV было выполнено измерение массовой доли элементов представленных на рис. 7. Метод количественного рентгеноспектрального флуоресцентного анализа показал, что образцы содержащие пульпу с глубины 40...45 см хвостохранилища № 3 и глубже, имеют более насыщенный химический состав, чем на поверхности хвостохранилища. Однако фазовый состав (рис. 8) не выявил элементы с содержанием менее 5 %, но показал, что сплав состоит в основном из железа.

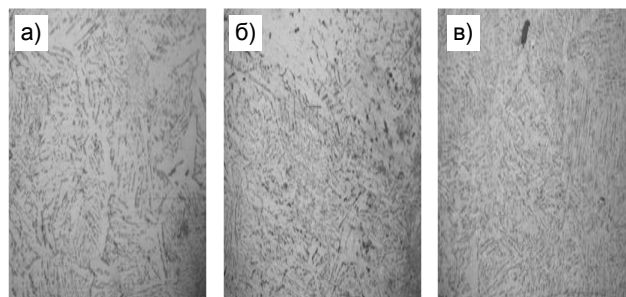


Рис. 6. Микроструктура полученных материалов: а – ЭШХ – 5, 400-кратное увеличение; б – ЭШХ – 6, 200-кратное увеличение; в – ЭШХ – 11, 200-кратное увеличение



Рис. 7. Массовая доля элементов P, Si, Mn, Mo, S, Al, Cr, Ni, W, Ti, V, Cu, Co, Nb, Zr в слитках (остальное Fe)

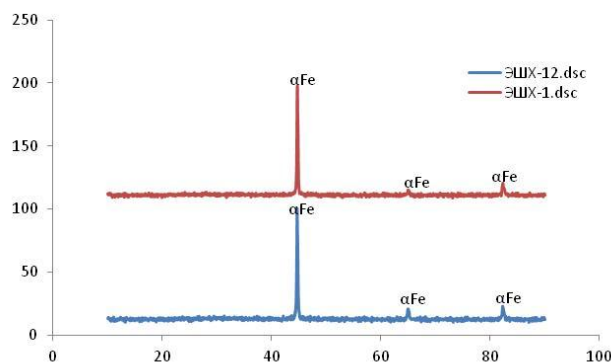


Рис. 8. Фазовый состав ЭШХ-1 и ЭШХ-12

### Выводы

1. Показано, что хвостохранилища оказывают угрозу окружающей среде. Предложена переработка отходов, как один из эффективных методов получения материалов в том числе электродных, а так же устранения экологических загрязнений.

2. Установлена разница состав проб в местах хвостохранилища, а так же глубины. Наибольший интерес по химическим свойствам составляют пробы с глубины 40...45 см и до 170 см.

3. Выбранные отходы перерабатывались электрошлаковым переплавом. Получены образцы в виде слитков, с содержанием Fe более 90 % и



элементов (P, Si, Mn, Mo, S, Al, Cr, Ni, W, Ti, V, Cu, Co, Nb, Zr) менее 5 %.

4. Из полученных слитков изготовлены электроды для электроискрового легирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Трубецкой, К.Н. Охрана окружающей среды при освоении недр [Текст] / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко, Л.Н. Бурцев // Вестник РАН. –1998. –№ 7. – С. 629-637.

2. Старожилов В.Т. Обеспечение экологической безопасности источников экологического риска на оловорудных предприятиях юга Дальнего Востока [Текст] / Л.Т. Крупская [и др.] // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 4. – С. 81-88.

3. Новая парадигма развития России в XXI веке. Комплексные исследования проблем устойчивого развития: идеи и результаты [Текст] / Под редакцией В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. – М. : Academia, 2000. – 416 с.

4. Лиричкин, Ф.Д. Эволюция и формирование современной парадигмы (модели) комплексного использования минерального сырья [Текст] / Ф.Д. Лиричкин // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2012. – № 4(11). – С. 7-13.

5. Горюхин, М.В. Исследование особенностей геологических процессов в районе разработки Хиганского месторождения олова Еврейской АО [Текст] / М.В. Горюхин // Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы: тез. VI региональной школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН-ГОУВПО «ДВГСГА», 2011. – С.16-18.

6. Оценка экологического состояния некоторых объектов окружающей среды в зоне влияния хвостохранилища [Текст] / К.Е. Гула, О.М. Морина, Л.Т. Крупская, В.А. Морин // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 3(15). – С. 128-133.

7. Верхотуров, А.Д. Методология создания сварочных материалов монография [Текст] / А.Д. Верхотуров, Э.Г. Бабенко, В.М. Макиенко; под Б.А. Воронова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.

УДК 629.083: 621. 791. 92

**Е.В. Велесевич, Е.А. Лухачёв, С.В. Шадрин**

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,  
г. Хабаровск

## К ВОПРОСУ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН

**Аннотация.** В статье отражено текущее положение дел в ремонтных производствах, показано доминирование агрегатно-узлового вида ремонта, также рассмотрены некоторые вопросы восстановления изношенных элементов рабочих органов машин.

**Ключевые слова:** ремонт, восстановление, электросварка, наплавка, ремонтное производство.

В процессе эксплуатации машин и механизмов их детали зачастую работают в жестких условиях взаимодействия с высокотемпературными газами, различными агрессивными средами и абразивными веществами, вызывающими интенсивную коррозию или износ поверхности. По мере повышения скорости действия машин и механизмов, увеличения их размеров и производительности условия работы поверхности деталей становятся все более жесткими. В связи с этим возникает необходимость применения специальных мер, обеспечивающих радикальное повышение жаропрочности, коррозионной стойкости, износостойкости и других важных свойств поверхности изделий [1].

Дефицит и высокая стоимость запасных частей отрицательно сказываются на технической готовности машин и механизмов. В тоже время до 80 % деталей, выбраковываемых при ремонте, после восстановления пригодны к дальнейшей эксплуатации, при этом себестоимость не превышает

65...70 % стоимости новых, а расход материалов в 15...20 раз меньше чем на изготовление [2].

Международная практика свидетельствует, что доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в развитых зарубежных странах 30...35 %. Однако в России этот показатель за последние годы резко снизился. Снижение объемов восстановления деталей связано с развалом сети специализированных ремонтных предприятий в регионах [3].

Так, ремонт железнодорожно-строительных машин в условиях Дирекции по эксплуатации и ремонту (ДПМ г. Хабаровск) в спецмастерских выполняется преимущественно агрегатным методом, капитальный же ремонт производится на специализированных предприятиях группы компаний Ремпутьмаш, однако некоторые быстроизнашивающиеся детали элементов рабочих органов путевых машин, восстанавливают сваркой и наплавкой. В ЗАО "Вагон-сервис", филиал г.Хабаровск до