
В.К. Кулифеев

В.П. Тарасов

А.Н. Кропачев

Комплексное использование сырья и отходов

Переработка техногенных отходов

Курс лекций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1931

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра металлургии цветных, редких и благородных
металлов

В.К. Кулифеев

В.П. Тарасов

А.Н. Кропачев

Комплексное использование сырья и отходов

Переработка техногенных отходов

Курс лекций

Под редакцией зав. кафедрой В.В. Миклушевского

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета

УДК 669.21.8.0.54.8
К90

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *Ю.С. Юсфин*

Кулифеев В.К., Тарасов В.П., Кропачев А.Н.

К90 Комплексное использование сырья и отходов: Переработка техногенных отходов: Курс лекций. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. – 91 с.
ISBN 978-5-87623-249-6

Рассматриваются экономические, экологические и этические вопросы деятельности людей в области переработки и утилизации отходов металлургических предприятий, редких и радиоактивных металлов, а также радиоактивных отходов (ОЯТ) атомных электростанций.

Предназначается для студентов, обучающихся по направлению 150100 «Металлургия», профиль 150102 «Металлургия цветных металлов», а также может быть полезен аспирантам и научным сотрудникам.

УДК 669.21.8.0.54.8

ISBN 978-5-87623-249-6

© Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (МИСиС), 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
1. Общие сведения о техногенных ресурсах	6
Вопросы для самопроверки	9
2. Техногенные отходы атомной промышленности	10
2.1. Конверсионные процессы переработки гексафторида урана	16
2.2. Использование оружейного плутония	21
2.3. Переработка отработанного ядерного топлива – ОЯТ.....	25
Вопросы для самопроверки	34
3. Техногенные отходы при производстве РЗМ	36
3.1. Редкоземельные металлы.....	36
3.2. Ториевые отходы как источник нового делящегося материала	38
3.2.1. Переработка сульфатно-фосфатных растворов	39
3.2.2. Переработка растворов, не содержащих фосфат-ион	44
Вопросы для самопроверки	46
4. Отходы РЗМ при производстве фосфатных удобрений	47
4.1. Извлечение РЗЭ из фосфогипса	50
4.2. Получение редкоземельных концентратов при азотнокислом вскрытии апатитов	52
Вопросы для самопроверки	54
5. Техногенные отходы в технологии литья	55
5.1. Технология получения литейной продукции	57
5.2. Получение металлического литья.....	60
5.3. Переработка техногенных литейных отходов.....	62
Вопросы для самопроверки	70
6. Отходы тепловых электростанций как техногенное сырье для получения редких металлов.....	71
Вопросы для самопроверки	77
7. Экологические и экономические проблемы при обезвреживании отходов.....	78
7.1. Обезвреживание и утилизация сульфатных растворов и оксидов серы	79
7.2. Обезвреживание и утилизация азотнокислых растворов и оксидов азота (NO_x).....	82
7.3. Обезвреживание и утилизация фтороводородных кислых растворов и газов, содержащих HF или F_2	85
7.4. Обезвреживание и утилизация солянокислых растворов и газов, содержащих HCl или Cl_2	86
Вопросы для самопроверки	89
Заключение.....	89
Библиографический список	90



Покажем, что у человечества есть способы загнать его обратно!

Предисловие

В 2002 году Министерством образования Российской Федерации для металлургических специальностей высших учебных заведений был введен обязательный курс «Использование техногенных ресурсов». Введение этого курса диктовалось как экономическими, так и экологическими соображениями. Постепенно истощаются богатые месторождения с высоким содержанием ценных элементов. В разработку вводятся месторождения более бедные по ценным компонентам, что значительно увеличивает себестоимость получаемых металлов. В то же время на горно-металлургических и химических предприятиях накоплены отвалы, содержание ценных компонентов в которых иногда уже сопоставимо с содержанием их во вновь разрабатываемых бедных месторождениях. Накопленные отвалы занимают значительные площади и представляют определенную экологическую опасность для людей и окружающей природной среды.

Следует особо отметить, что в связи с быстрым развитием ядерной энергетики остро стоит вопрос об утилизации и обезвреживании отработанного ядерного топлива (ОЯТ).

Данный курс лекций предназначен для студентов направления 150100 «Металлургия», профиль 150102 «Металлургия цветных металлов».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСАХ

Еще более двух веков назад Мальтус впервые выдвинул положение об истощаемости природных ресурсов и их влиянии на развитие цивилизации. Его учение о народонаселении и необходимости регулирования рождаемости привело в наше время к разработке основополагающей стратегии устойчивого развития, цивилизации. При этом все большую роль приобретают такие факторы развития, как ресурсосбережение, энергосбережение, экологические и социальные проблемы и др.

Мир перманентно находится во власти различного рода кризисов, и для их преодоления нужна выработка новой концепции развития общества, научный подход к анализу ситуации в современном мире. Впервые в нашей стране научный подход к этим проблемам принят коллективом авторов учебника под руководством Ю.С. Юсфина [1].

Принято считать, что население земного шара в настоящее время удваивается каждые 50 лет. За это время потребление энергии увеличивается в 20 раз. На V Байкальском экономическом форуме 9 сентября 2008 года отмечалось, что 2030 году потребление энергии в мире вырастет на 60 %.

По подсчетам ученых к 2050 году на земле будет жить примерно 10 млрд человек и им понадобится приблизительно 20 ТВт энергии.

Рост энергопотребления должен сопровождаться увеличением вводимых мощностей по производству энергии. А это предполагает бурное развитие многих отраслей промышленности, в том числе топливной и горнорудной. Если промышленное производство удваивается каждые 12–15 лет, то горнорудное – каждые 8–10 лет. Из горнорудной массы за счет вскрышных и проходческих работ используется не более 30...40 %, остальное идет в отвалы. В силу малого содержания в рудах ценных компонентов, особенно для редких металлов, в цикл потребления вовлекается 2...3 % содержимого добываемых рудных масс. Исключением служит производство строительных материалов, где используется до 80...90 % добываемых материалов.

Нельзя сбрасывать со счетов и несовершенство существующих технологий, при которых только часть добываемых элементов воплощается в изделия и используется в сфере потребления. Так в черной металлургии сквозное извлечение от руды до проката составляет

менее чем 60 %. Только в прокатном производстве расходный коэффициент не превышает 10...15 %.

С экономической точки зрения стоимость минерального сырья составляет не менее 70 % стоимости всех природных ресурсов, используемых обществом. Во всем мире в настоящее время добывается примерно 10^{11} т минерального сырья в год, т.е. больше 20 т на человека.

В Российской Федерации до перестройки только горными и металлургическими предприятиями ежегодно выбрасывалось в отвалы более 3 млрд т твердых отходов. Например, при получении 1 т глинозема в отвалы сбрасывалось от 1 до 1,25 т красных шламов. При работе промышленных предприятий в атмосферу выбрасывалось около 9 млн т газообразных и твердых веществ, в водоемы сливалось более 1500 млн м³ неочищенных стоков. Принято считать, что при переработке 1 т полезных ископаемых расходуется не менее 10 м³ воды, причем очистке подвергается не более 10 %.

В результате ведомственной разобщенности в СССР игнорировались критерии комплексности использования добываемого сырья. В Федеральной программе (1995 г.) отмечалось, что при производстве чугуна и стали практически не извлекались содержащиеся в рудах цветные, редкие и благородные металлы, которые вместе со шлаками отправлялись в отвалы. В цветной металлургии практически не извлекалось и полностью терялось до 10 тыс. т железа в год. В результате такого подхода в хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов в РФ было накоплено около 750 млн т железа и 50 млн т цветных металлов.

Еще в 1998 году на Международном симпозиуме «Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов России в XXI веке» отмечалось, что после распада СССР страна почти полностью лишилась источников таких стратегически важных элементов, как хром, марганец, титан, цирконий, стронций. Значительно сократился сырьевой потенциал по золоту, урану и алюминию. И хотя геологические исследования подтверждают наличие этих элементов в недрах России, залегают они в труднодоступных, малоосвоенных регионах страны.

Кроме того, для этих руд еще нет разработанных технологий их переработки. Поэтому для освоения таких месторождений требуются значительные капиталовложения. Следует отметить, что переход к рыночным отношениям привел к переоценке запасов полезных ископаемых. Оказалось, что рентабельных запасов стало меньше на 30...70 %.

Также необходимо принять во внимание, что новые разрабатываемые горизонты или новые месторождения содержат меньший процент полезных элементов, что еще больше увеличивает выход отвалов на единицу выпускаемой продукции.

Следует отметить и экологический аспект затронутой проблемы отходов и техногенных ресурсов. Постоянное увеличение добычи полезных ископаемых из недр приводит к увеличению количества вредных элементов, таких как кадмий, медь, никель, свинец, цинк, уран, торий и другие, на поверхности земли. Большой экологический вред наносит природе производство энергии при сжигании углей. При ежегодном сжигании 2,4 млрд т каменного и 0,9 млрд т бурого угля с золами в биосферу поступает 280 тыс. т мышьяка и десятки тысяч тонн урана (объемы их промышленного производства – на порядок меньше).

Под отвалами задалживаются значительные площади. Ветры и воды разносят вредные составляющие далеко от мест складирования. С развитием атомной энергетики остро встал вопрос о захоронении радиоактивных отходов.

В силу всего изложенного перед человечеством стоят задачи разумно решать эти проблемы, вовлечь в промышленный оборот шламы и отвалы, обезопасить Землю от грядущих экологических потрясений.

Техногенные ресурсы можно разделить на две категории. К первой категории относятся ресурсы вторичного сырья. Это то, что остается при получении основной продукции, и то, что можно вернуть обратно в основное производство. Это отходы металлов после механической обработки различного типа, тара, стекло, пластмасса, бумага и т.д. Такое сырье с большей или меньшей степенью эффективности уже перерабатывается.

Вторая категория – это техногенное сырье, которое на данный момент мы не можем использовать. Говоря словами Д.И. Менделеева, «...в промышленности нет отходов, а есть сырье, не нашедшее своего хозяина». Поэтому задача нового поколения инженеров заключается в поиске путей и методов переработки таких видов техногенного сырья.

На рис. 1.1 представлена обобщенная схема образования отходов в производстве, из которой видно, что при реализации любой технологической схемы производства образуются твердые, жидкие и газообразные отходы. Задача инженера состоит в том, чтобы максимально обезвредить эти отходы, обеспечить защиту окружающей среды и при этом получить отходы, пригодные для длительного хранения или для использования в качестве техногенного сырья.