

В качестве катализаторов процесса изомеризации применяют цеолитсодержащие катализаторы, катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия, катализаторы, содержащие сульфатированные оксиды металлов и др. [2-6] (см. таблицу). Из данных таблицы следует, что наиболее высокие показатели по активности и селективности используемых катализаторов достигнуты на установках изомеризации, работающих на катализаторе СИ-2, содержащем сульфатированный оксид циркония.

Таким образом, с целью максимального использования полезных ресурсов сырья, из всех схем изомеризации для реализации на Антипинском НПЗ выбираем схему с рециклом н-пентана и н-гексана, так как при эксплуатации данного проекта у изомеризата самое высокое октановое число (90-92). Сырьё для изомеризации – н-пентан и н-гексан, так как именно их изомеры повышают октановое число бензинов. Важными факторами являются также низкие показатели капитальных затрат и относительных эксплуатационных затрат при реализации процесса.

#### *Библиографический список*

1. Хаимова Т.Г., Мхитарова Д.А. Изомеризация как эффективный путь производства высокооктановых компонентов бензина // Информационно-аналитический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2005. 80 с.
2. Воевода Н.В. Повышение октановых чисел бензинов // Информационно-аналитический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2001. 114 с.
3. Домерг Б., Ватрипон Л. Дальнейшее развитие технологии изомеризации парафинов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2001. № 4. С. 15-27.
4. Покровский С. Новые зарубежные технологии нефтепереработки // Нефтегазовая вертикаль. 2002. № 7. С. 68-71.
5. Агабеков В.Е., Сеньков Г.М. Каталитическая изомеризация легких парафиновых углеводородов // Катализ в химической и нефтехимической промышленности. 2006. № 5. С. 31-41.

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ**

*Касьянова С.И., Вараева Е.А., Аксенов В.И., Ничкова И.И.  
УрФУ, Sweetlana\_me@mail.ru, eabondarenko@esa-01.ru*

В процессе добычи, обогащения и переработки руд на горно-обогатительных комбинатах (ГОК) образуется значительное количество шахтных и подотвальных вод, загрязненных соединениями тяжелых металлов, кислотами, растворимыми солями (прежде всего, сульфатами), оказывающими негативное влияние на природные воды.

Сточные воды горно-обогатительных комбинатов имеют схожий состав, они высокоминерализованы, агрессивны, примеси находятся в виде взвесей и в растворенном виде.

В настоящее время для очистки сточных вод применяют в зависимости от состава их загрязнений методы механической, химической, физико-химической и биологической очистки. Однако анализ литературных данных показал, что достаточно эффективных и экономичных методов удаления растворенных примесей из стоков для предприятий горнопромышленного комплекса не существ-

вует. Известные методы связаны с образованием большого количества осадков и низкой эффективностью.

Основу процесса очистки шахтных, дебалансных и подотвальных вод составляет реакция нейтрализации свободной серной кислоты, определяющей низкие значения рН очищаемых вод, с последующим образованием гидроксидов тяжелых металлов и сульфата кальция (в виде гипса).

Эффективность очистки стоков на существующих очистных сооружениях (станция нейтрализации) по основным загрязняющим веществам на примере Учалинского ГОК представлена в табл. 1.

Таблица 1  
Состав воды на входе и на выходе станции нейтрализации (средние значения)

| Наименование ингредиента | Концентрация, мг/дм <sup>3</sup> |             | Эффективность очистки, % | Кратность превышения над ПДК | ПДК рыб.-хоз., мг/дм <sup>3</sup> |
|--------------------------|----------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                          | Вход                             | Выход       |                          |                              |                                   |
| рН, ед                   | 4,0±0,3                          | 8,8±0,5     | –                        | –                            | 6,5-8,5                           |
| Взвешенные в-ва          | 2878±5                           | 56,4±5,0    | 98,0                     | 6                            | 10                                |
| Сульфаты                 | 5261±782                         | 3089±463    | 41,2                     | 31                           | 100                               |
| Железо общ.              | 71,1±4,3                         | 0,21±0,02   | 99,7                     | 2                            | 0,1                               |
| Марганец                 | 44,4±0,5                         | 0,500±0,054 | 98,9                     | 50                           | 0,01                              |
| Медь                     | 35,9±3,6                         | 0,024±0,005 | 99,9                     | 24                           | 0,001                             |
| Цинк                     | 267±43                           | 0,090±0,016 | 99,9                     | 9                            | 0,01                              |
| Сухой остаток            | 2848±142                         | 5206±260    | –                        | –                            | не норм.                          |

Анализ результатов работы станции показал, что технология обеспечивает недостаточно эффективную очистку от тяжелых металлов (в относительных единицах) и от сульфатов. На выходе отмечаются существенные превышения ПДК: по Zn – в 9 раз, по Cu – в 24 раза, по Mn – в 50 раз по нормам для рыбохозяйственных водоемов. К тому же, существуют такие недостатки технологии, как нестабильность смеси шахтных и подотвальных вод, подаваемой на очистку; неравномерное распределение флокулянта в потоке, что препятствует процессу хлопьеобразования; выпадение большого количества гипса, обусловленное, в частности, перерасходом известкового молока, что существенно ухудшает работу станции нейтрализации за счет «зарастания» технологического оборудования и «проскока» взвешенных веществ на выходе.

Все это обуславливает необходимость усовершенствования существующей технологии очистки сточных вод комбината перед частичным сбросом в водоем и повторным использованием части очищенных сточных вод.

В результате проделанной работы, была предложена схема очистки сточных вод комбината от растворенных примесей, а также сульфатов реагентным методом с применением известкового Ca(OH)<sub>2</sub>.

При разработке технологической схемы обработки сточных вод комбината предлагается шахтные и подотвальные воды обрабатывать отдельно. При этом предварительно очищенные на биохимических сооружениях дебалансные воды хвостохранилищ предлагается обрабатывать совместно с шахтными.

Смешивание всех видов очищенных стоков предусмотрено на стадии рекарбонизации.

При изменении реакции среды сточных вод происходит выпадение гидроксидов металлов в осадок, одновременно происходит образование гипса, т.е. связывание сульфатов. Присутствующие в стоках органические вещества в основном удаляются гидролизацией.

В основе предлагаемой методики снижения минерализации сточных вод лежит перещелачивание (до  $pH=11$ ) с целью связывания как можно большего количества сульфатов в стабильную форму – двуводный гипс  $Ca(OH)_2 \times 2H_2O$ , параллельно связыванию сульфатов происходит очистка сточных вод от металлов.

Для интенсификации процесса нейтрализации предложено использовать введение в сток затравки из оборотного осадка, в результате чего наблюдается образование более плотного осадка и его быстрое выпадение.

Обработка сточных вод производится в 2 этапа:

1. Перещелачивание с применением известкового молока и введение затравки из оборотного осадка до достижения предела растворимости гипса, т.е. содержание сульфатов в воде должно составить не более  $1,13 \text{ г/дм}^3$ .

2. Рекарбонизация воды после выделения сульфатов с целью удаления кальция, внесенного при перещелачивании. При этом растворенный кальций связывается в известняк  $CaCO_3$  и выпадает в осадок, а  $pH$  воды снижается до нейтральной (7,0-8,0).

Исходя из необходимости получения сточных вод с минимальным содержанием сульфатов, предложенная ранее схема обработки стоков подтверждается данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Содержание сульфатов в очищенных сточных водах

| Наименование   | $pH$ среды, ед. | Содержание сульфатов, г/л |
|--|-----------------|---------------------------|
| Подотвальные   | 11,0            | 1,11                      |
| Шахтные (460 м)  | 9,0             | 1,10                      |
| Шахтные (144 м)  | 10,0            | 1,12                      |
| Шахтные+дебалансные                                    | 9,0             | 1,10                      |
| Дебалансные  | 9,0             | 1,12                      |
| Подотвальные+шахтные+дебалансные перед рекарбонизацией | 10,0            | 1,12                      |

Таким образом, предложенная схема обработки сточных вод производится как до требований для возврата воды в производство, так и до требований к сбросу в водоем, что позволяет значительно экономить свежую воду.

Применение предлагаемой технологии обработки стоков горнообогатительных комбинатов позволяет достигать высокой эффективности очистки с минимальным энергопотреблением, а также позволит предотвратить загрязнение водоемов и почв токсичными шламами и концентратами. Такое решение позволит улучшить экологическую обстановку в районах расположения комбинатов, а также снизить потребление отрасли водных ресурсов за счет

создания оборотных циклов, почвенных ресурсов, которые в настоящее время используются для создания шламонакопителей, являются чрезвычайно засоленными, в ряде случаев радиоактивными и непригодными для применения в любых сферах деятельности человека и природы.

#### *Библиографический список*

1. Аксенов В.И., Бондаренко, Е.А. Валенцева Т.А. Обезвоживание осадков станции нейтрализации Учалинского ГОКа // Вода: проблемы и решения: Сборник докладов Всероссийской НПК. Вып. 8. Тюмень: РИО ВПО ТюмГАСУ, 2011. 83 с.
2. Бондаренко Е.А. Проблемы водного хозяйства горно-обогатительных комбинатов // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых 13-16 декабря 2011 г. Екатеринбург: УрФУ, 2011. С. 295-296.
3. Аксенов В.И., Балакирев В.Ф., Филипенко А.А. Проблемы водного хозяйства металлургических, машиностроительных, металлообрабатывающих предприятий. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 264 с.

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

*Киселева О.С., Худякова Г.И.  
УрФУ, kiseleva-olga12@mail.ru*

Экономическая целесообразность и экологическая необходимость повторного и многократного использования природных ресурсов путем вовлечения части отходов производства в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья (материалов) доказана многолетней практикой во многих странах мира.

Использование вторичных материалов в развитых странах сопряжено с двумя проблемами: во-первых, нехватка собственных ресурсов, во-вторых, жесткие требования экологического законодательства.

В Германии на основании совместной работы с советскими специалистами были приняты законы, согласно которым металлургические шлаки из категории отходов были переведены в разряд побочных продуктов производства, что привело к созданию технических требований к вторичным ресурсам и позволило сократить число процедур по их подготовке к повторному производству. На уровне европейского сообщества такое же решение было принято в 1995 г., и металлургические шлаки были исключены из Европейского каталога отходов (European Waste Catalogue) [1].

На базе немецкого исследовательского института металлургических шлаков в 2000 г. была создана общеевропейская ассоциация шлаков «Euroslag», главной целью которой является разработка максимальной эффективности использования шлаков в производстве строительных материалов и в строительстве.

В России же переработка шлаков государством не регулируется и является прерогативой крупных промышленных предприятий, деятельность которых требует поддержания имиджа экологически безопасных производств.

Для производства бетонных изделий из отходов металлургического производства по ГОСТ 5578-94 [2] необходимо удовлетворительное прохождение трех анализов:

- Радиографический анализ – для всех видов строительства удельная эффективная активность шлака должна быть меньше 370 Бк/кг при строительстве жилых и общественных зданий.
- Химический и минералого-петрографический анализ (содержание металлических включений (корольков, скрапа), содержание сернистых и сернокислых соединений).
- Анализ физико-механического состава (содержание пылевидных и глинистых частиц, содержание глины в комках, устойчивость против силикатного и железистого распада).

Так, например, результатом выполнения договора на создание НИР «Оценка использования шлаков сталеплавильного производства в различных отраслях промышленности» стал вывод о невозможности применять исследуемый шлак с отвалов Свердловской области в строительных бетонах и растворах, а также в дорожном строительстве в виду несоответствия шлака требованиям по прочности, определяемая как марка по дробимости.

Для графического представления об испытуемом шлаке ниже приведена таблица результатов испытаний по определению устойчивости шлака к железистому распаду по ГОСТ 8269.0-97 [3]. Железистый распад происходит в результате взаимодействия закиси железа с сульфидной серой и образования сульфида железа FeS, который во влажной атмосфере переходит в гидрат Fe(OH)<sub>2</sub>, что сопровождается увеличением объема на 38 %.

Высушивание до постоянной массы для определения устойчивости  
против железистого распада

| По фракциям | Первоначальная масса, г | Масса после просушки, г |       |      |       |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------|------|-------|
|             |                         | 1                       | %     | 2    | %     |
| 5-10        | 9249                    | 9236                    | 0,141 | 9230 | 0,065 |
| 10-20       | 9395                    | 9379                    | 0,170 | 9372 | 0,096 |
| 20-40       | 17907                   | 17892                   | 0,084 | -    | -     |

Как видно из таблицы, потеря массы шлака не превышает 8 %, что установлено ГОСТ 5578-94 для определения стойкости против железистого распада.

Затраты на анализ вторичного использования металлургических отходов не соизмеримы с тем экономическим эффектом, который может быть получен при переработке отходов по сравнению с захоронением отходов производства. Если учесть снижение экологической опасности, то при введении нормативно-правовых актов, ужесточающих (даже лимитированное) загрязнение окружающей среды, эффективность масштабного применения известных во всем мире технологий возрастет в несколько раз.

Для примера, шлаковый щебень в 1,5-2 раза дешевле природного и требует в 4,5 раза меньше удельных капитальных вложений. Шлаковая пемза в 3 раза