

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Челябинский государственный университет»

КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**В. И. Бархатов, И. П. Добровольский,
Ю. Ш. Капкаев**

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Монография

Часть 1

Челябинск
Издательство Челябинского государственного университета
2015

ББК У28(2Рос-4Чел)

Б267

***Посвящается 70-летию Победы
в Великой Отечественной войне***

Серия основана в 2008 году

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Челябинского государственного университета

Р е ц е н з е н т ы:

В. Г. Зеленкин, доктор технических наук,
профессор Южно-Уральского государственного университета;

Б. Ш. Дыскина, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заведующая кафедрой химической технологии
Южно-Уральского государственного университета

Бархатов, В. И.

Б267 Рациональное использование природных ресурсов Челябинской области : монография : в 2 ч. Ч. 1 / В. И. Бархатов, И. П. Добровольский, Ю. Ш. Капкаев. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2015. 282 с. (Классический университет).

ISBN 978-5-7271-1287-8

Даётся современный взгляд на рациональное использование природных ресурсов в аспекте актуальных научных представлений в условиях сложившейся экономической и экологической ситуации в Челябинской области.

Адресовано студентам, обучающимся по направлениям экономики, экологии и природопользования. Издание будет полезно специалистам, работающим в различных отраслях промышленности.

ББК У28(2Рос-4Чел)
+Ж693

ISBN 978-5-7271-1287-8

© ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», 2015
© Бархатов В. И., Добровольский И. П., Капкаев Ю. Ш., 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Особенности природно-климатических и минеральных ресурсов Челябинской области	13
1.1. Характеристика земельного фонда Челябинской области	13
1.2. Особенности лесных ресурсов Челябинской области	28
1.3. Состояние особо охраняемой природной территории области	35
1.4. Восстановление нарушенных земель и причины их низкой рекультивации	43
Глава 2. Факторы, влияющие на состояние окружающей среды и её изменение	45
2.1. Состояние минеральных ресурсов области и добыча полезных ископаемых	45
2.2. Влияние деятельности промышленных предприятий и транспорта на атмосферу	66
2.3. Состояние с утилизацией и обезвреживанием отходов производства и потребления	72
2.4. Состояние и использование водных ресурсов Челябинской области	75
2.5. Факторы, влияющие на состояние земель сельскохозяйственного назначения	84
Глава 3. Особенности переработки техногенных месторождений	94
3.1. Факторы, влияющие на эффективность использования природного сырья	94
3.2. Факторы, влияющие на эффективность использования отходов производств	98
3.3. Особенности подготовки техногенных месторождений к переработке	99
3.4. Особенности создания малоотходных и ресурсосберегающих технологий	103
3.5. Требования, предъявляемые к вновь создаваемым предприятиям	105
3.6. Влияние конструкций оборудования и условий процессов на эффективность переработки сырья и отходов производств	108

3.7. Перспективные технологии получения чёрных и цветных металлов из отходов	119
3.8. Обоснование пригодности отходов для получения огнеупорных и теплоизоляционных материалов	130
Глава 4. Перспективные методы снижения выбросов в атмосферу	135
4.1. Применяемые методы и аппараты для очистки промышленных выбросов	135
4.2. Снижение токсичности выхлопных газов транспорта и методы их очистки.	149
4.3. Перспективные методы переработки пыли и шламов чёрной металлургии	158
4.4. Перспективные методы переработки тонкодисперсной пыли ферросплавов	165
Глава 5. Перспективные методы очистки сточных вод и повышение качества воды	170
5.1. Применяемые методы очистки сточных вод и причины их неудовлетворительной очистки стоков . .	170
5.2. Применяемые мероприятия по снижению загрязнения водных объектов	178
5.3. Повышение качества воды внедрением мероприятий областной программы	179
5.4. Внедрение предприятиями оборотных циклов водопотребления	181
5.5. Перспективные методы очистки сточных вод от хлорсодержащих соединений	184
5.6. Перспективные методы очистки водоёмов от нефти и нефтепродуктов	192
5.7. Технология извлечения металлов из кислых шахтных вод	204
5.8. Биотехнологические процессы, применяемые для очистки сточных вод	208
Глава 6. Перспективные методы переработки отработанных токсичных растворов	211
6.1. Технологии переработки отработанных сернокислых растворов	211
6.2. Перспективные методы переработки отработанных хлорсодержащих растворов	218
6.3. Утилизация отработанных азотно- и фосфорнокислых растворов	229

6.4. Утилизация отработанных щелочей, алюмината натрия и цинката натрия	237
6.5. Перспективные технологии утилизации отработанных растворов гальванических установок	242
Глава 7. Переработка отходов горнодобывающих и перерабатывающих металлургических производств	245
7.1. Использование и переработка отходов предприятий горнодобывающих производств	245
7.2. Основные направления использования металлургических шлаков	250
7.3. Расширение областей применения шлаков цветной металлургии	255
7.4. Использование шлаков феррохрома для производства вяжущих и жаростойких бетонов	260
7.5. Характеристика замасленной окалины и методы её переработки и применение	261
7.6. Перспективная технология переработки шламов конверторного производства стали и замасленной окалины	264
7.7. Применение песка и глин для производства жаростойких бетонов и кирпича	267
Библиографический список	277

ВВЕДЕНИЕ

Челябинская область располагает уникальными по запасам и разнообразию природными ресурсами, развитым промышленным комплексом, мощной, хотя и неравномерно развитой транспортной и энергетической инфраструктурой, высокой долей экспортной продукции, квалифицированными трудовыми ресурсами, развитой сетью образовательных и научно-исследовательских центров. Область является одним из наиболее крупных в экономическом отношении субъектов Российской Федерации и среди регионов России занимает 4-е место по объёму отгруженной продукции в обрабатывающих производствах, 6-е место — по уровню социально-экономического развития и качеству управления финансами, 7-е место — по объёму иностранных инвестиций, 11-е место по обороту розничной торговли и объёму производства продукции сельского хозяйства.

Доля Челябинской области в российском производстве стали составляет 30,8 %, проката — 27 %, стальных труб — 15,4 %. В различных отраслях экономики из 3 523,5 тыс. населения области (2,5 % от общероссийской численности) заняты 1 674 тыс. чел., или 47,3 % [44; 45]. Большая часть продукции сельского хозяйства приходится на животноводство (53 %), в растениеводстве преобладает выращивание зерновых культур. Объём российских и иностранных инвестиций в последние годы превышает 83 млрд р. и около 1,5 млрд долл. США [45; 53].

На экономику области значительное влияние оказывает природно-ресурсный потенциал, в том числе природно-климатические условия [45].

1. Климат Челябинской области континентальный и недостаточно увлажнённый, зима продолжительная и холодная, средняя январская температура -17 — -18 °С. Лето умеренно жаркое с периодически повторяющимися засухами. Средние июльские температуры изменяются с северо-запада на юго-восток от 16 до 19 °С. Особенности климата связаны с тем, что Челябинская область расположена почти в центре Евразийского материка,

на большом удалении от тёплых морей и океанов. Это создаёт в целом нормальные условия для проживания людей и эффективного развития многих видов хозяйственной деятельности.

2. Земельный фонд Челябинской области составляет 8,85 млн га, из них под сельскохозяйственные угодья отведено 5,19 млн га, в том числе под пашни 3,1 млн га. Челябинская область с разнообразными видами чернозёмных почв занимает в России высокое место по производству сельскохозяйственной продукции. Преобладающими почвами являются чернозёмы выщелоченные (1,6 млн га) и чернозёмы обыкновенные (1,36 млн га). Значительную площадь занимают солонцы (0,49 млн га) и серые лесные почвы (0,46 млн га).

Основными землепользователями в Челябинской области являются сельскохозяйственные предприятия (организации), крестьянские (фермерские) хозяйства и личные подсобные хозяйства. На долю последних приходится 50,5 % от общей площади территории Челябинской области.

3. На территории Челябинской области насчитывается более 3 тыс. озёр общей площадью 2 225 км². Наибольшее количество их (10–14 %) сосредоточено в восточных предгорьях области, что связано с наличием в этой местности многочисленных котловин тектонического происхождения. Земли области располагаются на водоразделе р. Камы, Урала и Тобола, поэтому здесь преобладают малые реки с небольшой водностью. Общая протяжённость рек составляет около 18 тыс. км. Наиболее крупные реки: Урал, Миасс, Юрюзань.

4. Лесной фонд на территории области занимает 2,5 млн га, средняя лесистость — 28 %. Распределение леса в пределах области крайне неравномерно. Наибольшая залесенность в горных районах равна 71 %. В лесостепной зоне лесистость составляет 21 %, а в степной — только 5,6 %. Основными породами являются берёза и сосна, занимающие соответственно 46,2 и 27,5 % общей площади лесов области.

Лесная зона занимает всю горную северо-западную часть области, большая часть которой относится к подзоне сосновых и берёзовых лесов, охватывающей преимущественно восточный склон и частично центральную часть горной системы Юж-

ного Урала. Это светло-хвойные леса, представленные двумя основными породами — сосной и берёзой, изредка встречаются клён, ильм (вяз) и липа.

Подзона южной тайги представлена тёмно-хвойными лесами, в составе которой преобладают ель и пихта. В целях сохранения тёмно-хвойных лесов созданы национальные парки федерального значения «Таганай», «Зюраткуль» и историко-культурный заповедник областного значения «Аркаим».

5. Челябинская область обладает значительными запасами природных ресурсов. В ней разведано около 300 месторождений минерального сырья, наибольшее значение среди которых имеют месторождения железных и медно-цинковых руд, золота, огнеупорного сырья, талька, графита и кварца. Добычей и переработкой продукции различной степени передела занимается свыше 150 предприятий.

Челябинская область является монополистом в России по добыче и переработке графита (95 %), магнезита (95 %), металлургического доломита (71 %), талька (70 %), а в Уральском регионе — каолина (93 %), формовочных песков (80 %), огнеупорных глин (64 %) и другого сырья. Продукция горнодобывающих и перерабатывающих предприятий области направляется во многие регионы России и СНГ, а по производству огнеупоров, графита, талька, гранулированного кварца, цинка, формовочных песков, флюсов, феррохрома, каолинов область занимает одно из ведущих мест на Урале и в России.

6. В Челябинской области более 200 особо охраняемых природных территорий: всемирно известный «минералогический рай» — Природоохранное научно-исследовательское учреждение Российской академии наук «Ильменский государственный заповедник им. В. И. Ленина Уральского отделения РАН»; Челябинский историко-культурный заповедник «Аркаим» — одно из поселений «Страны городов», признанный важнейшим археологическим открытием XX в.; национальные парки федерального значения «Таганай» и «Зюраткуль».

Свыше 450 памятников археологии, истории и культуры, градостроительства и архитектуры охраняются государством.

Челябинская область обладает уникальными природными достопримечательностями: карстовые пещеры, горы, утёсы и скалы по берегам р. Ай, Юрюзань, Сим.

Крупнейшие озёра области Большое Миассово, Большой Еланчик, Ильменское, Тургояк, Увильды, Кысыкуль создают условия для организации санаторно-курортных здравниц. Озеро Тургояк внесено в картотеку примечательных ландшафтов страны и в список 100 ценнейших водоёмов мира. Система санаторно-курортных учреждений Челябинской области включает здравницы, дома и базы отдыха, где в оздоровительных и лечебных целях используются минеральные воды и лечебные грязи. Это широко известные санатории «Урал», «Карагайский бор», «Увильды», «Кисегач».

Для организации зимнего отдыха действуют около 20 горнолыжных центров, 4 из которых («Завьялиха», «Абзаково», «Аджигардак», «Металлург-Магнитогорск») имеют международный сертификат соответствия.

7. По территории области проходят федеральные автотрассы и Южно-Уральская железная дорога, являющаяся веткой Транссибирской магистрали. Область располагает богатейшими туристскими ресурсами, включающими природные, исторические и культурные достопримечательности. В области разработана система взаимосвязанных нормативных правовых актов, направленная на государственную поддержку и предоставление гарантий инвесторам. В регионе большое внимание уделяется развитию малого и среднего предпринимательства, способного наиболее быстро и эффективно решать проблемы диверсификации, формирования и насыщения рынка потребительскими товарами и услугами, создания новых рабочих мест.

Приоритетные направления развития внешнеэкономической деятельности Челябинской области определены Стратегией социально-экономического развития региона до 2020 г. В области реализуются 18 соглашений о торгово-экономическом, научно-техническом и культурном сотрудничестве с органами государственной власти и организациями зарубежных стран. В 2011 г. проведено 68 мероприятий, направленных на развитие сотрудничества с зарубежными странами.

Доля Евросоюза, крупнейшего экономического партнёра России, во внешнеторговом обороте Челябинской области в 2011 г. составила 36,7 %. Стратегическая цель развития отношений «Россия — Евросоюз» — создание общего европейского экономического пространства. Исторически сложились экономические связи на постсоветском пространстве со странами СНГ, доля которых во внешнеторговом обороте области составила 14,1 %, а доля стран Ближнего Востока — 14,4 %.

Доля стран высоких технологий — США и Японии — во внешнеторговом обороте области соответственно составляет 2 и 1,3 %. Доля Индии, страны с высокими темпами экономического роста, достигла 1 %, а доля Китая, крупнейшего в мире потребителя цветных металлов, стали и продукции машиностроения, выросла до 5,5 %.

Внешнеторговый оборот Челябинской области в 2011 г. составил 7,5 млрд долл., экспорт — 5,5 млрд долл., импорт — 2,0 млрд долл. (без учёта данных с Республикой Казахстан в связи с образованием Таможенного союза с 1 июля 2010 г.).

В товарной структуре экспорта преобладают чёрные и цветные металлы (88,7 % от общего объёма экспорта), продукция машиностроения (5,3 %), товары народного потребления (2,1 %), минеральная продукция (1,8 %), а также продукция нефтехимического комплекса (1,3 %). Развитие экспортного потенциала является важной задачей в сфере внешнеэкономической деятельности региона.

Основные статьи импорта — продукция машиностроения (55,4 % от общего объёма импорта), чёрные и цветные металлы (18,6 %), продукция нефтехимического комплекса (9,1 %), минеральная продукция (6,3 %), продукты питания (5,4 %), товары народного потребления (4,0 %).

Однако наряду с положительными результатами в работе и экономике Челябинской области имеются и следующие недостатки:

1. Высокие выбросы токсичных веществ предприятиями и транспортом в атмосферу не только ухудшают экологическую обстановку области, но и загрязняют токсикантами территорию, особенно земли сельскохозяйственного назначения и водоёмы.

2. Низкий процент извлечения полезных металлов из природного сырья в связи с применением промышленными предприятиями устаревших технологий и низкоэффективного оборудования приводит к высокому образованию отходов.

3. Неудовлетворительная очистка сточных вод промышленными и городскими очистными сооружениями по причине устаревших технологий и низкоэффективного оборудования приводит к сбросам в водоёмы в повышенных объёмах неочищенных и низкоочищенных стоков и к образованию многотоннажных загрязнённых токсичными веществами шламов, которые не находят применения.

4. В результате высоких выбросов в атмосферу промышленными предприятиями и транспортом и неудовлетворительной очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в области на многих очистных сооружениях оказались загрязнены значительно выше установленных нормативов многочисленные поверхностные и подземные источники водопотребления.

5. Добыча, обогащение и подготовка к переработке минерального сырья в области сопровождается следующими недостатками:

При добыче сырья открытым методом на выработанной поверхности длительное время остаются котлованы и выработки, которые занимают часто большие площади ценных земель, что приводит к подтоплению окружающей территории, обвалам и способствует эрозии почв, заболачиванию и т. д.

При добыче сырья шахтным методом, особенно содержащего токсичные примеси, как, например, сульфаты металлов, образуются в значительных объёмах кислые стоки, требующие затрат на очистку и использование получаемых продуктов.

На поверхности мест добычи сырья при его обогащении и обработке образуются в значительных объёмах различного состава отходы (вскрыша, пустая порода, шламы и т. д.), также требующие существенных капиталовложений на их утилизацию и рекультивацию нарушенных земель.

6. Одним из важнейших недостатков для области является отсутствие месторождений горючих ископаемых, практически

отработаны все месторождения угля, а запасы торфа незначительны, что в перспективе способно обернуться для промышленных предприятий большими затруднениями по наращиванию мощностей, расширению ассортимента и повышению качества выпускаемой продукции.

7. Важнейшим вопросом перерабатывающих минеральное сырьё предприятий является применение в производстве практически всех видов продукции устаревших технологий, низкопроизводительного оборудования и агрегатов, что существенно снижает долю извлечения ценных металлов и повышает образование отходов производства, переработка и утилизация которых ведётся неудовлетворительно.

8. На территории многих месторождений сырья и промышленных предприятий в силу слабой переработки накоплены многотоннажные отходы, занимающие огромные территории; при этом ликвидация выработок и восстановление нарушенных земель также ведётся медленно.

Решения по устранению указанных недостатков при добыче, обогащении и переработке минерального сырья и освоении природных ресурсов рассматриваются в данной монографии.

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1. Характеристика земельного фонда Челябинской области

1.1.1. Общая характеристика земельного фонда области

Земельный фонд области на 1 января 2012 г. составляет 8 852,9 тыс. га и в соответствии с Земельным кодексом РФ подразделяется по целевому назначению на семь категорий земель (табл. 1.1) [45].

Таблица 1.1

**Земельный фонд Челябинской области по категориям
на 01.01.2012 г., тыс. га**

Категория земель	2010 г.	2011 г.	Разница	Доля в категории, %
1. Земли сельскохозяйственного назначения	5 200,2	5 193,5	-6,7	58,7
2. Земли населённых пунктов	388,6	391,0	+2,4	4,4
3. Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения	251,1	255,6	+4,5	2,9
4. Земли особо охраняемых территорий и объектов	62,3	62,3	0	0,7
5. Земли лесного фонда	2 782,2	2 782,2	0	31,4
6. Земли водного фонда	29,1	29,1	0	0,3
7. Земли запаса	139,4	139,2	-0,2	1,6
Итого	8 852,9	8 852,9	0	100

Анализ данных статической отчётности показывает, что в 2011 г. неизменными остались только площади земель государственного лесного и водного фондов. Перевод земель или

земельных участков из одной категории в другую осуществлялся в соответствии с Земельным кодексом РФ, Федеральным законом от 21.12.2004 г. № 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую», Законом Челябинской области от 28.04.2011 г. № 120-ЗО «О земельных отношениях».

Основаниями для внесения изменений в площади категорий земель явились акты органов государственной власти, распоряжения Министерства промышленности и природных ресурсов Челябинской области и органов местного самоуправления, принятые в пределах их компетенции по вопросам использования земель.

Распределение земель по категориям показывает преобладание в структуре земельного фонда площади земель сельскохозяйственного назначения — 5 193,5 тыс. га (58,7 %) и лесного фонда — 2 782,2 тыс. га (31,4 %).

1.1.2. Земли сельскохозяйственного назначения

Землями сельскохозяйственного назначения признаются земли за границами населённых пунктов, предоставленные для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей. Земли данной категории являются основным средством производства в сельском хозяйстве, подлежат особой охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития негативных процессов и повышение плодородия почв.

К данной категории отнесены земли, предоставленные различным сельскохозяйственным предприятиям и организациям (товариществам и обществам, кооперативам, государственным и муниципальным унитарным предприятиям, научно-исследовательским учреждениям). В неё входят также земельные участки, предоставленные гражданам для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, животноводства, сенокошения и выпаса скота. Кроме того, к категории земель сельскохозяйственного назначения отнесены земли, выделенные казачьим обществам.

В состав земель сельскохозяйственного назначения вошли земли, ранее переданные в ведение сельских администраций и

расположенные за границами населённых пунктов. На первом этапе земельной реформы эти земли были изъяты у реорганизуемых сельскохозяйственных предприятий для предоставления их гражданам. В общую площадь данной категории земель вошли площади, занятые земельными долями (в том числе невостребованными), и земельные участки, выделенные в счёт земельных долей.

За 2011 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения сократилась на 6,7 тыс. га и составила 5 193,5 тыс. га [45]. Сокращение произведено в связи с переводом земель сельскохозяйственного назначения в следующие категории:

- в земли промышленности и иного специального назначения переведено 2,9 тыс. га на основании распоряжений Министерства промышленности и природных ресурсов Челябинской области;

- в земли населённых пунктов переведено 3,9 тыс. га вследствие изменения границ населённых пунктов в соответствии с утверждёнными генеральными планами территорий;

- в земли особо охраняемых территорий и объектов переведены для целей рекреации земельные участки площадью 6 га.

Вместе с тем в земли сельскохозяйственного назначения были переведены земли запаса общей площадью 89 га и 5 га рекультивированных земель из категории земель промышленности и иного специального назначения.

В соответствии со ст. 80 Земельного кодекса РФ в составе земель сельскохозяйственного назначения формируется фонд перераспределения земель. В фонд включаются земельные участки сельскохозяйственного назначения, свободные от обременения правами юридических и физических лиц. Основанием для включения земельных участков в фонд является решение исполнительного органа власти. За отчётный период его площадь увеличилась на 26,3 тыс. га по причине прекращения договоров аренды и права постоянного (бессрочного) пользования у сельскохозяйственных предприятий.

На 1 января 2012 г. площадь земель свободного фонда перераспределения составила 192,2 тыс. га. Земли сельскохозяйственного назначения состоят из сельскохозяйственных и не-

сельскохозяйственных угодий и распределяются по угодьям, размеры которых приведены в табл. 1.2 [45].

Таблица 1.2

**Распределение земель сельскохозяйственного назначения
Челябинской области по видам угодий на 01.01.2012 г., тыс. га**

Угодья	2010 г.	2011 г.	Разница	Доля в категории, %
Сельскохозяйственные	4 730,6	4 724,5	-6,1	91,0
Земли под лесами	9,4	9,3	-0,1	0,2
Под лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд	63,1	63,1	0	1,2
Под водой	107,6	107,6	0	2,1
Земли застройки	21,8	21,9	+0,1	0,4
Под водой	48,1	48,2	+0,1	0,9
Болота	157,7	157,7	0	3,0
Нарушенные земли	5,1	5,1	0	0,1
Прочие земли	56,3	55,6	-0,7	1,1
Итого	5 200,2	5 193,5	-6,7	100

Площадь сельскохозяйственных угодий в составе данной категории земель уменьшилась в 2011 г. по сравнению с предыдущим годом на 6,1 тыс. га и составила 4 724,5 тыс. га. В структуре сельскохозяйственных угодий произошли следующие изменения: площадь пашни уменьшилась на 4,5 тыс. га, площадь пастбищ — на 1,1 тыс. га, площадь залежи и сенокосов увеличилась на 0,1 тыс. га.

Площадь несельскохозяйственных угодий в структуре земель сельскохозяйственного назначения занимает 469,0 тыс. га. Это земли под зданиями, сооружениями, внутрихозяйственными дорогами, защитными древесно-кустарниковыми насаждениями, замкнутыми водоёмами, а также земельными участками, предназначенными для обслуживания сельскохозяйственного производства.

1.1.3. Земли населённых пунктов

Землями населённых пунктов признаются земли, используемые и предназначенные для застройки и развития городских

и сельских населённых пунктов и отделённые границей от земель других категорий. Порядок установления или изменения границ населённых пунктов определён ст. 84 Земельного кодекса РФ. Полномочия по подготовке и утверждению генерального плана поселения, генерального плана городского округа определены ст. 24 Градостроительного кодекса РФ.

На 1 января 2012 г. общая площадь категории земель населённых пунктов составила 391,0 тыс. га, в том числе площадь городских населённых пунктов — 274,8 тыс. га (70,3 %), сельских — 116,2 тыс. га (29,7 %). Площадь земель, отнесённых к указанной категории, в 2011 г. увеличилась на 2,4 тыс. га. В состав земель, относимых к категории земель населённых пунктов, входят как сельскохозяйственные, так и несельскохозяйственные угодья, их состав приведён в табл. 1.3 [45].

Таблица 1.3

**Распределение земель населённых пунктов по видам угодий
на 01.01.2012 г.**

Угодья	Площадь, тыс. га		2011 г. к 2010 г. (+, -)	Доля в категории, %
	2010 г.	2011 г.		
Сельскохозяйственные	130,9	133,5	+2,6	34,1
Земли под лесами	32,2	32,2	0	8,2
Земли под лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд	9,7	9,7	0	2,5
Земли под дорогами	38,8	38,8	0	9,9
Земли застройки	86,6	87,8	+1,2	22,5
Земли под водой	31,2	31,2	0	8,0
Земли под болотами	3,4	3,4	0	0,9
Нарушенные земли	14,1	12,7	-1,4	3,2
Прочие земли	41,7	41,7	0	10,7
Итого	388,6	39,1	+2,4	100,0

Сельскохозяйственные угодья, площадь которых в пределах городов, посёлков и сельских населённых пунктов составляет 133,5 тыс. га, или 34,1 % от общей площади земель, включены в данную категорию. Из несельскохозяйственных угодий наиболее значительные площади в структуре земель населённых

пунктов заняты застройкой — 87,8 тыс. га (22,5 %); лесами — 32,2 тыс. га (8,2 %); под дорогами, улицами и площадями находится 38,8 тыс. га (9,9 %).

В 2011 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения увеличилась в сельских населённых пунктах на 3,0 тыс. га в связи с оформлением земельных участков для личных подсобных хозяйств. В отчётном году в населённых пунктах отмечено сокращение на 90 га площади земель, занятых лесничеством и лесопарками. Изменения произошли в Челябинском городском округе в результате уточнения площади Челябинского и Каштакского городских боров.

1.1.4. Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики и другие

Земли промышленности и иного специального назначения в зависимости от характера специальных задач подразделяются на 7 групп. На территории Челябинской области отсутствуют земли под объектами для обеспечения космической деятельности.

К землям промышленности отнесены земельные участки, предоставленные для размещения административных и производственных зданий, строений и сооружений, а также земельные участки, предоставленные предприятиям горнодобывающей и нефтегазовой промышленности для разработки полезных ископаемых. Общая площадь земель промышленности на конец 2011 г. составила 84,1 тыс. га. Площадь земель энергетики составила 1,7 тыс. га [45].

В целом по области площадь для транспорта и трубопроводов на конец отчётного года составила 46,7 тыс. га. Земли связи, радиовещания, телевидения, информатики занимали 0,1 тыс. га, для целей обеспечения обороны и безопасности отведено 59,8 тыс. га. Площадь земель иного специального назначения составила 63,2 тыс. га.

В 2011 г. категория земель промышленности и иного специального назначения подверглась изменениям, вследствие чего площадь рассматриваемой категории увеличилась на 4,5 тыс. га и составила 255,6 тыс. га. Основные изменения

связаны с переводом земельных участков в эту категорию из следующих категорий земель: из земель сельскохозяйственного назначения — 2 954 га, из земель населённых пунктов — 1 490 га, из земель запаса — 109 га.

На основании распоряжений Министерства промышленности и природных ресурсов Челябинской области в 2011 г. 2 954 га земель были переведены из категории земель сельскохозяйственного назначения в категорию земель промышленности и иного специального назначения в следующие категории:

- для строительства объектов придорожного сервиса и АЗС — 57 га;
- для разработки карьеров и добычи полезных ископаемых — 2 510 га;
- для строительства производственно-складских комплексов — 281 га;
- для строительства и ремонта дорог — 76 га;
- под полигоны бытовых отходов — 8 га (в Нязепетровском (2 га) и в Увельском (6 га) муниципальных районах);
- под газопроводы — 6 га;
- для других целей — 6 га.

Распределение земель промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информации, для обеспечения космической деятельности, земли обороны и иного специального назначения по угольям представлено в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Распределение земель промышленности
и земли иного специального назначения по видам угодий
на 01.01.2012 г.**

Угодья	Площадь, тыс. га		2011 г. к 2010 г.(+/-)	Доля в ка- тегории, %
	2010 г.	2011 г.		
Сельскохозяйственные угодья	28,1	28,1	0	11,0
Лесные земли	57,8	57,9	+0,1	22,6
Земли под лесными насаждениями, не входящие в лесной фонд	1,5	1,5	0	0,6
Земли под водными объектами	72,8	72,0	+0,1	28,5
Земли под застройками	15,8	16,0	+0,2	6,3
Земли под дорогами	34,2	34,3	+0,1	13,4

Угодья	Площадь, тыс. га		2011 г. к 2010 г.(+/-)	Доля в ка- тегории, %
	2010 г.	2011 г.		
7. Земли под болотами	1,8	1,8	0	0,7
8. Нарушенные земли	7,3	10,5	+3,2	4,1
9. Другие земли	31,8	32,6	0,8	12,8
Итого	251,1	255,6	+4,5	100

1.1.5. Земли особо охраняемых территорий и объектов

В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации к категории особо охраняемых территорий и объектов относятся земли, имеющие особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное важное значение. В состав земель этой категории входят особо охраняемые природные территории, занимаемые государственными заповедниками, национальными и природными парками, государственными природными заказниками, памятниками природы, ботаническими садами, лечебно-оздоровительными местностями и курортами, а также земельные участки, занятые объектами спорта и туризма, памятниками истории и культуры. Для этих земель установлен особый режим охраны. В целях обеспечения их сохранности они изымаются из хозяйственного использования полностью или частично.

В настоящее время в категорию земель особо охраняемых территорий и объектов включены только те земельные участки, которые предоставлены из других категорий в установленном порядке (путём изъятия и отвода).

На территории Челябинской области находятся два государственных национальных парка — «Зюраткуль» (87 435 га) и «Таганай» (56 843 га), они относятся к категории земель лесного фонда [45].

В Челябинской области имеются два заповедника: Ильменский государственный заповедник (34,2 тыс. га) с его филиалом «Аркаим» (3,3 тыс. га) и Южно-Уральский заповедник (24,4 тыс. га).

Общая площадь земель, отнесённых к рассматриваемой категории, составила 62,3 тыс. га. Особо охраняемые земли имеются и в других категориях земель, примером чего являются земли заказников и памятников природы регионального значения.

Министерством по радиационной и экологической безопасности Челябинской области разработана и утверждена постановлением Правительства Челябинской области от 21.02.2008 г. № 34-П «Схема развития и размещения особо охраняемых природных территорий Челябинской области на период до 2020 года». На территории Челябинской области в состав особо охраняемых природных территорий кроме заповедников и национальных парков входят 20 заказников, 137 памятников природы и 1 курорт. Общая площадь заказников составляет 500 тыс. га, или 5,6 % площади Челябинской области. Общая площадь памятников природы составляет 148,5 тыс. га, или 1,8 % площади области. Основной целью схемы является сохранение и восстановление воспроизводственного потенциала природных систем.

В 2011 г. площадь особо охраняемых территорий увеличилась на 21 га и составила на 01.01.2012 г. 62,3 тыс. га. Это обусловлено переводом земельных участков для целей рекреации из категории земель сельскохозяйственного назначения — 6 га и земель запаса — 15 га. На 01.01.2012 г. площадь земель оздоровительного назначения составила 0,3 тыс. га, рекреационного — 1,8 тыс. га, историко-культурного — 4,1 тыс. га. Распределение земель особо охраняемых территорий и объектов по угодьям представлено в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Распределение земель особо охраняемых территорий и объектов по видам угодий на 01.01.2012 г.

Угодья	Площадь, тыс. га		2011 г. к 2010 г.	Доля в категории, %
	2010 г.	2011 г.		
Сельскохозяйственные угодья	4,6	4,6	0	7,4
Лесные земли	49,5	49,5	0	79,4
Земли под лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд	0,5	0,5	0	0,8
Земли под водой	2,8	2,7	-0,1	4,3

Угодья	Площадь, тыс. га		2011 г. к 2010 г.	Доля в ка- тегории, %
	2010 г.	2011 г.		
Земли застройки	1,1	1,1	0	1,8
Земли под дорогами	0,8	0,8	0	1,3
Земли под болотами	0,4	0,5	+0,1	0,8
Другие земли	2,6	2,6	0	4,2
Итого	62,3	62,3	0	100

1.1.6. Земли лесного фонда

В соответствии с Лесным и Земельным кодексами РФ к данной категории относятся лесные и нелесные земли. Лесные земли включают в себя как покрытые лесной растительностью, так и непокрытые, но предназначенные для её восстановления (вырубки, гари, лесопитомники и т. п.). К нелесным отнесены земли, предназначенные для ведения лесного хозяйства (просеки, дороги и др.). Полномочия по этим землям переданы органам государственной власти субъекта Российской Федерации в соответствии со ст. 83 Лесного кодекса РФ от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ. В целом лесными землями, входящими в состав других категорий, занято 154,4 тыс. га.

Статьёй 23 Лесного кодекса РФ определено, что территориальными единицами управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов являются лесничества и лесопарки. Государственному кадастровому учёту подлежат лесные участки, сформированные на землях лесничеств и лесопарков. Сведения о лесных участках должны предоставляться в орган кадастрового учёта органом, осуществляющим ведение государственного лесного реестра.

Площадь земель лесного фонда в 2011 г. осталась неизменной и на 1 января 2012 г. составила 2 782,2 тыс. га. Сельскохозяйственные угодья в составе лесного фонда представлены мелкими вкраплениями среди леса, используемыми под огороды, сенокосение и выпас скота. Данные о распределении земель лесного фонда по угодьям представлены в табл. 1.6.

**Распределение земель лесного фонда по видам угодий
на 01.01.2012 г.**

Угодья	Площадь, тыс. га	Доля в категории, %
Сельскохозяйственные угодья	118,3	4,2
Земли под лесами	2 551,4	91,7
Земли под дорогами	21,5	0,8
Земли под водой, включая болота	47,2	1,7
Земли застройки	2,0	0,1
Прочие земли, включая нарушенные	41,8	1,5
Итого	2 782,2	100,0

1.1.7. Земли водного фонда

Земельным кодексом РФ установлено, что к категории земель водного фонда относятся земли, покрытые поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах, а также земли, выделяемые для гидротехнических и иных сооружений, расположенных на водных объектах. По состоянию на 01.01.2012 г. площадь земель водного фонда составила 29,1 тыс. га, или 0,3 % от общей площади земель области.

Земли под водой (без болот) в целом по области занимают 276,5 тыс. га, из них только 28,2 тыс. га (10,2 %) включены в состав водного фонда, все остальные земли под водой распределены между другими категориями. Значительная их доля приходится на земли сельскохозяйственного назначения и промышленности (табл. 1.7).

Таблица 1.7

**Земли под водой в различных категориях земель
по состоянию на 01.01.2012 г.**

Категория земель	Площадь, тыс. га	Доля в общей площади под водой, %
Земли сельскохозяйственного назначения	107,6	18,9
Земли населённых пунктов	31,2	11,3
Земли промышленности, транспорта, обороны и иного назначения	72,9	26,3

Окончание табл. 1.7

Категория земель	Площадь, тыс. га	Доля в общей площади под водой, %
Земли особо охраняемых территорий	2,7	1,0
Земли лесного фонда	22,1	8,0
Земли водного фонда	28,2	10,2
Земли запаса	11,8	4,3
Итого	276,5	100,0

1.1.8. Земли запаса

Земли запаса — это неиспользуемые земли, находящиеся в государственной и муниципальной собственности и не предоставленные гражданам или юридическим лицам. В земли запаса в установленном порядке могут переводиться деградированные сельскохозяйственные угодья, а также земли, подверженные радиоактивному и химическому загрязнению и выведенные из хозяйственного использования.

Распределение земель запаса Челябинской области по видам угодий представлено в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Распределение земель запаса по видам угодий на 01.01.2012 г.

Угодья	Площадь, тыс. га	Доля в кате- гории, %
Сельскохозяйственные	98,3	70,5
Лесные земли	5,5	3,9
Земли под лесными насаждениями, не входящие в лес- ной фонд	2,0	1,4
Земли под водой	11,8	8,5
Земли под дорогами	1,8	1,4
Земли под застройкой	0,3	0,2
Земли под болотами	4,2	3,0
Нарушенные земли	0,2	0,1
Прочие земли	15,3	11,0
Итого	139,2	100,0

В состав земель запаса входят земельные участки различного целевого назначения, права на которые прекращены или

не возникали. До введения в действие Земельного кодекса РФ (2001 г.) в составе рассматриваемой категории учитывался неиспользуемый фонд перераспределения земель, предназначенный для сельскохозяйственного производства. После введения в действие Земельного кодекса РФ в соответствии со ст. 80 фонд перераспределения земель входит в состав земель сельскохозяйственного назначения. В ряде муниципальных районов решениями органов местного самоуправления неиспользуемый фонд перераспределения земель был переведён из категории земель запаса в категорию земель сельскохозяйственного назначения. За отчётный период такие переводы отсутствовали.

1.1.9. Распределение сельскохозяйственных угодий

Сельскохозяйственные угодья — это земельные угодья, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции. Сельскохозяйственные угодья в составе земель сельскохозяйственного назначения имеют приоритет и подлежат особой охране. Предоставление их для несельскохозяйственных нужд допускается в исключительных случаях с учётом кадастровой стоимости угодий [45].

Статьёй 79 Земельного кодекса РФ предусмотрено включение в перечень земель особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий, использование которых для других целей не допускается. Отнесение угодий к особо ценным продуктивным сельскохозяйственным угодьям производится субъектами Российской Федерации с учётом наличия и состояния сельскохозяйственных угодий в республике, области, крае. В Челябинской области не утверждён перечень особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий, использование которых для других целей не допускается.

В целом по области площадь сельскохозяйственных угодий сократилась на 3,5 тыс. га. В отчётном году сельскохозяйственные угодья продолжали трансформироваться в несельскохозяйственные угодья, в первую очередь, в земли застройки, нарушенные земли и дороги. В результате на территории области возросли площади под застройкой на 1,5 тыс. га, под нарушенными землями — на 1,7 тыс. га, под дорогами — на 0,1 тыс. га.

Сокращение сельскохозяйственных угодий на 6,1 тыс. га в основном коснулось земель сельскохозяйственного назначения, в том числе пашни — на 4,5 тыс. га, что связано с переводом земельных участков в земли промышленности и иного специального назначения для целей:

- строительства промышленно-складских комплексов и объектов придорожного сервиса;
- добычи полезных ископаемых;
- строительства и реконструкции дорог;
- расширения границ населённых пунктов.

В свободном фонде перераспределения земель отмечено увеличение площади несельскохозяйственных угодий. Это обусловлено тем, что сельскохозяйственные предприятия прекратили право постоянного (бессрочного) пользования и оформили право аренды на сельскохозяйственные угодья, а земли несельскохозяйственных угодий были преданы в фонд перераспределения (Нязепетровский муниципальный район).

Изменение площади сельхозугодий в разрезе категорий земель показано в табл. 1.9.

Таблица 1.9

**Динамика изменений площади сельскохозяйственных угодий
в разрезе категорий земель**

Категория земель	Площадь сельхозугодий в 2010 г., тыс. га	Площадь сельхозугодий в 2011 г., тыс. га	Разница
Земли сельскохозяйственного назначения	4 730,6	4 724,5	-6,1
Земли населённых пунктов	130,9	133,5	2,4
Земли промышленности и иного специального назначения	28,1	28,1	-
Земли особо охраняемых территорий и объектов	4,6	4,6	-
Земли лесного фонда	118,2	118,3	+0,1
Земли водного фонда	-	-	-
Земли запаса	98,2	98,1	-0,1
Итого по области	5 110,6	5 107,1	3,5

В структуре сельскохозяйственных угодий площадь пашни составила 3 064,0 тыс. га, залежи — 55,0 тыс. га, многолетних

насаждений — 38,8 тыс. га, сенокосов — 591,6 тыс. га, пастбищ — 1 357,7 тыс. га. За отчётный год трансформация сельхозугодий произошла следующим образом: площадь пашни уменьшилась на 1,8 тыс. га, пастбищ — на 1,8 тыс. га.

По данным государственного статистического учёта, в Челябинской области во всех категориях земель числится 73,6 тыс. га мелиорируемых земель, из них 73,3 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий составила 66,8 тыс. га, осушаемых — 6,5 тыс. га. Технический уровень мелиоративных систем неудовлетворительный, требует восстановления либо списания.

В 2011 г. площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий в Челябинской области уменьшилась на 6,5 тыс. га в связи с переводом в Варненском муниципальном районе орошаемых земель в богарные по итогам проведения инвентаризации орошаемых сельскохозяйственных земель и гидротехнических сооружений (постановление администрации Варненского муниципального района от 14.12.2010 г. № 1092).

Основными пользователями сельскохозяйственных угодий являются сельскохозяйственные предприятия, организации, а также граждане, занимающиеся производством сельскохозяйственной продукции. К началу 2012 г. общая площадь таких земель составила 4 624,5 тыс. га, или 90,5 % всех сельскохозяйственных угодий, имеющих в Челябинской области. Из них большая часть (55 %) использовалась сельскохозяйственными предприятиями, в пользовании граждан находилось 45 % сельскохозяйственных угодий.

В 2011 г. по сравнению с предыдущим годом общая площадь сельскохозяйственных угодий, находившихся у производителей сельскохозяйственной продукции, сократилась на 26,7 тыс. га. Одновременно площадь сельхозугодий в фонде перераспределения увеличилась на 26,6 тыс. га. Значительное увеличение площади сельскохозяйственных угодий в свободном фонде перераспределения отмечено в Агаповском, Варненском, Еткульском, Катав-Ивановском, Троицком, Чебаркульском, Чесменском, Пластовском муниципальных районах и в Усть-Катавском городском округе.

1.2. Особенности лесных ресурсов Челябинской области

1.2.1. Состояние лесного фонда области в 2011 году

Из общей площади земель лесного фонда, находившегося в ведении лесничеств, по состоянию на 01.01.2012 г. площадь покрытых лесной растительностью земель Челябинской области составляет 2 350,7 тыс. га. За 2011 г. она увеличилась на 0,8 тыс. га за счёт перевода молодняков в земли, покрытые лесной растительностью. Не покрытые лесной растительностью земли занимают 65,6 тыс. га. Из них площадь несомкнувшихся лесных культур составляет 16,9 тыс. га, а фонд лесовосстановления (гари, погибшие древостои, вырубки, прогалины и пустыри) — 34,7 тыс. га [45]. Остальные земли заняты питомниками, плантациями, естественными рединами. По составу леса области распределяются по породам, количество которых приведено в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Распределение лесов по породному составу

Параметр	Всего	Сосна	Лист-венница	Ель	Пихта	Дуб	Берёза	Осина	Липа	Оль-ха	Дру-гие
Площадь, тыс. га	2350,7	575,4	17,5	99	40,5	8,0	1 240,5	202,9	82,5	43,0	41,4
Доля, %	100,0	24,5	0,7	4,2	1,7	0,3	52,8	8,7	3,5	1,8	1,8

По целевому назначению леса подразделены на защитные и эксплуатационные. Защитные леса занимают 2 046,9 тыс. га, или 77,6 %. Они выполняют средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и другие защитные функции. Леса эксплуатационные занимают 590,9 тыс. га (22,4 %). Общий запас древесины составляет 358,26 млн м³, изменение площадей приведено в табл. 1.11.

На территории Челябинской области, вследствие аварии на производственном объединении «Маяк», находится загрязнённый лесной фонд. В загрязнённых лесах радиационный фон и содержание радионуклидов в почве и лесных ресурсах превышает допустимые уровни, создавая риск дополнительного

**Изменение площади земель лесного фонда и запаса древесины
за период с 01.01.2011 г. по 01.01.2012 г., тыс. га**

Показатель	На 01.01. 2011 г.	На 01.01. 2012 г.	Разница 2012 и 2011 гг. -/+	
Общая площадь земель лесного фонда	2 634,70	2 637,80	0,00	3,10
Покрытые лесной растительностью	2 349,90	2 350,70	0,00	0,80
В том числе с преобладанием хвойных пород	731,30	732,40	0,00	1,10
Хвойных молодняков до 20 лет	134,50	136,30	0,00	1,80
Твёрдолиственных пород	30,90	30,90	0,00	0,00
Твёрдолиственных молодняков до 20 лет	3,00	3,00	0,00	0,00
Мягколиственных пород	1 581,70	1 581,40	0,30	0,00
Из них молодняков до 20 лет	180,00	180,50	0,00	0,50
Запас древесины общий	359,51	358,26	1,25	0,00
В том числе спелых и перестойных лесов	58,75	58,05	0,70	0,00
Запас древостоя с преобладанием хвойных пород	137,46	136,86	0,60	0,00
Из них спелых и перестойных	18,15	17,82	0,33	0,00
Количество твёрдолиственных пород	3,83	3,83	0,00	0,00
Количество мягколиственных пород	218,15	217,50	0,65	0,00
Общий средний прирост	7,27	7,25	0,02	0,00
Лесные культуры, переведённые в покрытые лесной растительностью земли	293,00	294,40	0,00	1,40
Несомкнувшиеся лесные культуры	16,20	16,90	0,00	0,70
Фонд лесовосстановления	34,40	34,70	0,00	0,30

внешнего и внутреннего облучения работников лесного хозяйства и населения.

В 1993 г. в системе лесного хозяйства была создана служба радиационного контроля при Каслинском опытном лесхозе: зональная лесная радиологическая лаборатория занимается изучением радиационной обстановки в лесном фонде лесничеств области, попавших в зону радиоактивного загрязнения, составлением и уточнением поквартальных карт-схем загрязнения почвы цезием-137 и стронцием-90 и т. д. В настоящее время лаборатория введена в состав филиала ФГУ «Российский центр защиты леса» — Центр защиты леса Челябинской области как отдел радиологии.

С 1995 г. лабораторией заложено 19 стационарных участков. В табл. 1.12 и 1.13 приведены данные по плотности загрязнения почвы стронцием-90 и цезием-137 фонда Главного управления лесами Челябинской области (ГУЛЧО).

Таблица 1.12

**Распределение лесного фонда ГУЛЧО
по плотности загрязнения почвы стронцием-90, га**

Лесничество	Всего	0–0,15 Ки/км ²	0,15–1 Ки/км ²	1–3 Ки/км ²	>3 Ки/км ²
Аргаяшское	32 008	1 720	29 425	863	–
Каслинское	65 899	5 085	49 098	7 774	3 942
Кунашакское	54 352	19 919	32 211	1 621	601
Кыштымское	42 383	5 392	35 479	1 512	–
Красноармейское	25 585	–	25 116	273	196
Шершнёвское	17 927	4 716	13 211	–	–
Итого	238 154	36 832	184 540	12 043	4 739

Таблица 1.13

**Распределение лесного фонда ГУЛЧО
по плотности загрязнения почвы цезием-137, га**

Лесничество	Всего	0–1 Ки/км ²	1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	>40 Ки/км ²
Аргаяшское	32 008	30 794	1 009	205	–	–
Каслинское	65 899	65 565	334	–	–	–
Кыштымское	42 383	42 383	–	–	–	–
Красноар- мейское	25 585	25 396	189	–	–	–
Кунашакское	54 352	49 318	4 955	–	79	–
Шершнёвское	17 927	17 813	114	–	–	–
Итого	238 154	231 269	6 601	205	79	–

1.2.2. Особенности использования лесных ресурсов области в 2011 году

В 2011 г. допустимый объём изъятия древесины составил 2 316,8 тыс. м³, в т. ч. по хвойному хозяйству — 848,4 тыс. м³, твёрдолиственному хозяйству — 38,2 тыс. м³, мягколиственному хозяйству — 1 430,2 тыс. м³. Освоение расчётной лесосеки в 2011 г. составило 1 389,7 тыс. м³ (60 %), по хвойному хозяйству — 635,4 тыс. м³ (74,9 %).

Рубки в спелых и перестойных насаждениях проведены на площади 4,6 тыс. га, в т. ч. несплошные рубки — 2,9 тыс. га, или 62 % от общего объёма рубок. Санитарно-оздоровительные мероприятия проведены на площади 26,91 тыс. га.

В 2011 г. рубки ухода за лесом были проведены на площади 15,2 тыс. га, в т. ч. уход за молодняками — 3,4 тыс. га. Общий объём заготовленной ликвидной древесины составил 477,7 тыс. м³. Лесохозяйственные показатели за 2007–2011 гг. приведены в табл. 1.14.

Таблица 1.14

Лесохозяйственные показатели по Челябинской области за 2007–2011 гг.

Наименование работ	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Рубки в спелых и перестойных насаждениях, всего, га	3 343,0	3 569,0	4 419,0	4 940,0	4 597,0
В т. ч. несплошными рубками, га	1 670,0	1 904,0	2 747,0	3 042,0	2 861,0
Заготовка ликвидной древесины, тыс. м ³	352,3	372,0	434,6	490,1	461,3
% освоения	46,9	50	47,4	56,4	53,1
В том числе по хвойному хозяйству, тыс. м ³	102,5	102,0	157,0	190,3	184,0
% освоения	80,0	80,0	58,0	71,9	69,5
Рубки ухода за лесом, всего, га	23 237	22 585	14 321	15 815	15 202
В том числе ликвидация, тыс. м ³	644,1	632,1	415,2	483,9	562,5
Из них рубки ухода за молодняком, тыс. м ³	5 413,0	5 264,0	4 714,0	4 066,0	3 412,0
В том числе ликвидация, тыс. м ³	644,1	632,1	415,2	483,9	477,7
Санитарно-оздоровительные мероприятия, всего, га	19 061	18 680	31 706	29 013	26 917

По состоянию на 01.01.2012 г. в аренду передано 672 лесных участка, на общей площади 1 682,85 тыс. га, в т. ч.:

- для заготовки древесины — 61 лесной участок площадью 1 657,59 тыс. га;
- для осуществления рекреационной деятельности — 428 участков площадью 1,016 тыс. га;
- для ведения охотничьего хозяйства — 8 участков площадью 22,46 тыс. га;
- для ведения сельского хозяйства — 7 участков площадью 0,017 тыс. га;
- для выполнения работ по геологическому изучению недр, разработки месторождений полезных ископаемых — 52 участка площадью 1,095 тыс. га;
- для строительства и эксплуатации водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений и специализированных портов — 4 участка площадью 0,004 тыс. га;
- для строительства, реконструкции, эксплуатации линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов — 111 участков на площади 0,66 тыс. га.

1.2.3. Применяемые меры по защите лесов от вредителей и болезней

Основным вредителем берёзы в Челябинской области является непарный шелкопряд, площади его очагов в 1955 г. достигали 286 тыс. га. За последние 60 лет в Челябинской области зарегистрировано 5 вспышек. С 1953 по 1969 г. практически непрерывно проводили борьбу с непарным шелкопрядом химическими препаратами. За эти годы обработано 164,7 тыс. га берёзовых насаждений в основном в степной и лесостепной зонах. В последние годы борьба с вредителями проводится биологическими препаратами.

В настоящее время в Челябинской области сложилась чрезвычайная ситуация: при лесопатологическом обследовании лесов в августе–сентябре 2011 г. очаги вредителей леса зарегистрированы в 18 муниципальных районах центральной и южной части Челябинской области на общей площади 146,6 тыс. га, требуются мероприятия по их локализации и ликвидации на площади 42,5 тыс. га. Общая площадь очагов вредителей леса

уменьшилась в 2 раза по сравнению с 2010 г., 11,65 тыс. га очагов ликвидировано мерами борьбы (9,22 тыс. га — непарного шелкопряда, 2,28 тыс. га — шелкопряда-монашенки и 0,14 тыс. га — короеда-типографа), на площади 159,83 тыс. га произошло естественное затухание очагов от климатических и биотических факторов, и на площади 29,24 тыс. га возникли новые очаги непарного шелкопряда, шелкопряда-монашенки и рыжего соснового пилильщика.

На проведение работ по локализации и ликвидации очагов вредителя леса средства из федерального бюджета в 2011 г. не выделялись. Из областного бюджета выделено 10 млн р. для организации борьбы с вредителями в наиболее опасных участках леса, а требовалось — 88 млн р.

В 2011 г. в Челябинской области погибли насаждения в очагах вредителей и болезней леса на площади около 0,40 тыс. га с запасом 52800 м³. На 2012 г. запланированы в Челябинской области и согласованы с Рослесозащитой и Рослесхозом мероприятия по локализации и ликвидации очагов вредителей леса на площади 48,4 тыс. га, подтверждается необходимость мероприятий по локализации их очагов на площади 42,0 тыс. га с затратами 35,5 млн р.

Из-за отсутствия средств мероприятия по локализации и ликвидации очагов вредных организмов в 2006–2011 гг. не проводились в полном объёме, что привело к ослаблению и усыханию части берёзовых и сосновых насаждений в лесостепной зоне области.

Причины гибели насаждений в 2010 и 2011 гг. составили соответственно: лесные пожары — 88,8 и 56 %; неблагоприятные почвенно-климатические воздействия — 6,3 и 0,4 %; болезни леса — 2,5 и 22,0 % и антропогенные факторы — 2,3 и 21,6 %.

Общая динамика гибели лесов Челябинской области от разных причин за последние 5 лет следующая: 2006 г.— 1,94 тыс. га; 2007 г.— 2,42 тыс. га; 2008 г.— 4,50 тыс. га; 2009 г.— 2,07 тыс. га; 2010 г.— 1,00 тыс. га; 2011 г.— 0,91 тыс. га.

В 2011 г. сплошные санитарные рубки были запланированы на площади 1,51 тыс. га, выборочные санитарные рубки — на площади 5,27 тыс. га, очистка леса от внелесосечной захлам-

лённости — на площади 19,46 тыс. га и уборка захламлённости — на площади 1,15 тыс. га. В целом до конца 2011 г. санитарно-оздоровительные мероприятия проведены на площади 26,93 тыс. га с вырубаемым запасом 534 664 м³.

1.2.4. Государственная охрана леса

За пожароопасный сезон 2011 г. в лесном фонде Главного управления лесами Челябинской области произошло 907 лесных пожаров на площади 4,6 тыс. га, в том числе лесной — 4,5 тыс. га. Ущерб, нанесённый лесному фонду, составил 687 млн р. Допущено 10 крупных лесных пожаров. Основными причинами возникновения лесных пожаров остаётся неосторожное обращение с огнём населения и производство сельскохозяйственных палов.

С целью выявления виновных в возникновении лесных пожаров материалы о лесных пожарах в 883 случаях направлены в органы дознания государственного пожарного надзора ГУ МЧС, было возбуждено 178 уголовных дел, выявлено 9 подозреваемых в возникновении лесных пожаров, вынесено 487 постановлений о назначении административного наказания/штрафов на общую сумму 998 тыс. р.

За 2011 г. в лесном фонде зафиксировано 599 нарушений лесного законодательства, из них 290 фактов выявлено на арендуемых лесных участках. В том числе зарегистрировано 505 случаев незаконных рубок, в результате которых объём незаконно заготовленной древесины составил 10,1 тыс. м³, ущерб — 115,0 млн р.

Для возмещения ущерба от незаконных рубок предъявлен 261 иск на сумму 28 млн р., возмещено ущерба — 2,0 млн р. Возмещение нанесённого ущерба составило только 1,3 %, что связано с длительностью прохождения материалов в судах.

В сравнении с аналогичным периодом 2010 г. число незаконных рубок сократилось на 42 случая. Однако объём незаконно вырубленной древесины, соответственно, и ущерб увеличились. Причиной таких изменений явилось несовершенство лесного законодательства, которое дало возможность осуществлять незаконное использование лесов, в том числе незаконно заготавливать древесину.

Выявляемость лесонарушителей по Главному управлению в расчёте по кубомассе составила 54 % (за 2010 г.— 42 %), по количеству — 43 % (за 2010 г.— 44 %). Доля ущерба, нанесённого невыявленными лицами, составила 55 %.

С целью выявления виновных и привлечения их к ответственности в следственные органы передано 416 материалов. По направленным материалам возбуждено 349 уголовных дел, в том числе 347 — по незаконным рубкам лесных насаждений. В возбуждении уголовных дел отказано по 37 случаям. Основными причинами отказа являются малозначительность ущерба и отсутствие в действиях лесонарушителей состава преступления. К уголовной ответственности по ст. 260 «Незаконная рубка лесных насаждений» Уголовного кодекса РФ привлечено 72 нарушителя (за 2010 г.— 91 чел.).

В административном порядке за незаконные рубки по ст. 8.28 КоАП РФ составлено 111 и рассмотрено 106 протоколов, наложено штрафов на сумму 381,5 тыс. р., взыскано — 261,5 тыс. р.

1.3. Состояние особо охраняемой природной территории области

1.3.1. Особо охраняемые природные территории

Особо охраняемые природные территории федерального значения. Общая площадь особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения Челябинской области составляет 203,16 тыс. га и состоит из следующих заповедников и парков [45]:

Ильменский государственный заповедник им. В. И. Ленина УрО РАН с филиалом «Музей-заповедник “Аркаим”». Площадь — 33,7 тыс. га.

Природоохранная деятельность. Сделано число обходов 25, кордонов — 23, ведётся учёт животных. В пожароопасный период 2011 г. произошло 7 загораний на площади 122,4 га по причине поджога леса. Проведён 51 рейд по проверке соблюдения режима заповедника. Всего наложено штрафов на сумму 62,0 тыс. р., взыскано 31,0 тыс. р. В истекшем году выявлено 7 случаев незаконных порубок растущего леса в количестве

177,8 м³, сумма ущерба составила 5 193,01 тыс. р. Был выявлен 1 случай браконьерской охоты. По данным фактам возбуждены уголовные дела.

На территории лесничества «Степное» в Кизильском и Брединском районах Челябинской области охраняется около 70 археологических объектов.

Мониторинг природных комплексов. Ежегодно выполняется обязательная для заповедников Российской Федерации программа исследований «Летопись природы», фиксирующая текущие изменения в охраняемом комплексе и результаты систематического изучения видов, популяций и биоценозов как основы их охраны и рационального использования.

10–11 марта 2011 г. в заповеднике был проведён ежегодный зимний маршрутный учёт численности животных (ЗМУ). Протяжённость маршрутов составила 141,8 км. Основные результаты численности особей на территории заповедника приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Среднеголетние данные по численности на территории заповедника (особей) за 2000–2011 гг.

Вид	Численность особей	Численность особей (расчётная)	Среднеголетние данные по численности особей
Лось	3	19,12	18,75
Косуля	97	618,21	493,42
Кабан	1	6,38	4,00
Волк	–	–	0,58
Рысь	2	2	2,42
Лисица	3	19,12	17,92
Куница	3	19,11	12,83
Заяц-беляк	1,83 ¹	–	3,89 ¹
Белка	–	–	41,95

Национальный парк «Таганай». Образован в 1991 г. Рельеф парка представляет собой систему среднегорных хребтов мери-

¹ Показатель учёта (ПУ). Численность зайца не рассчитывается.

дионального простиранья с абс. отм. до 1 178 м. Гидрографической особенностью НП «Таганай» является то, что по его территории проходит граница водораздела между двумя крупнейшими речными бассейнами России — Волжско-Камским и Обь-Иртышским.

Климат национального парка характеризуется соседством двух климатических областей — атлантико-лесной и континентальной западно-сибирской. К западу на климат местности в течение большей части года влияют влажные и прохладные атлантические воздушные массы; к востоку — умеренно-влажные арктические. Кроме того, ощутимое влияние на район национального парка оказывают сухие и тёплые воздушные массы, приходящие из южно-азиатских регионов.

Для высоких гор центральной и восточной частей парка чётко выражена высотная поясность. Участки широколиственных пород (клён, вяз горный, липа) доходят до 700 м, далее идут елово-пихтовые леса, переходящие на высоте 900 м в пояс подгольцовых редколесий и лугов. На высоте более 1 000 м встречаются типичные горнотундровые участки. Из 728 видов растений Таганая 42 вида занесены в Красную книгу Челябинской области, 11 видов — в Красную книгу РФ, 27 видов относятся к эндемикам Урала и Предуралья, 63 вида — реликты.

В национальном парке встречаются не менее 56 видов млекопитающих, 177 видов птиц (из них 17 занесены в Красную книгу), 6 видов пресмыкающихся, 3 вида земноводных, 9 видов рыб. Все хребты Таганая сложены позднепротерозойскими (рифейскими) отложениями, из которых в районе НП «Таганай» преобладает таганайская свита (совокупность отложений), представленная кристаллическими сланцами и кварцитами. Уникальная разновидность таганайских кварцитов — авантюрин (таганайт) — является ценным поделочным камнем. В минералогических коях встречаются более 80 видов минералов и горных пород.

По территории парка проложены экологические, геологические, зоологические и учебно-познавательные тропы. В парке создан Музей природы. Основные направления деятельности национального парка «Таганай»: охрана территории, экологи-

ческое просвещение и образование населения, рекреация и туризм, научная деятельность.

Охрана историко-культурного наследия. На территории НП «Таганай» расположено 6 объектов, имеющих историко-культурную значимость:

Белый ключ — самый известный высокогорный источник Таганая. Расположен на высоте 690 м на юго-восточном склоне Двуглавой сопки. Его вода необычайно прозрачна и вкусна, несравнима ни с какой другой. Это источник необычайно чистой, холодной воды, мягкость которой выше, чем у талого снега. Расположен на землях Таганайского лесничества (кв. 36) и занимает площадь 1,3 га.

Киалимские угольные печи — являются местом расположения лесного посёлка углежогов на берегу р. Большой Киалим, существовавшего в XIX — первой половине XX в. Жители посёлка занимались выжигом древесного угля для Златоустовского завода. В настоящее время это Киалимский кордон лесничества НП «Таганай».

Киалимская дорога — старая углевозная дорога «Златоуст — Карабаш». Начинается у Тесьминского кордона в районе Пушкинского посёлка, пересекает р. Тесьму, затем идёт на северо-северо-восток по межгорной долине между Большим и Средним Таганаем и далее до Киалимского кордона, а затем до г. Карабаша. Общая протяжённость около 45 км.

Месторождение авантюрина на юго-восточном склоне Двуглавой сопки. Добыча авантюрина на Таганае велась начиная с 1810 г., но в конце XIX в. прекращена. В середине 1820-х гг. на месторождении были найдены две глыбы светлого авантюрина, из которого в Екатеринбурге были изготовлены две вазы. Одна из них, высотой 146 см и диаметром чаши 246 см и общим весом более 4 т, выставлена в Государственном Эрмитаже.

Евграфовский медный рудник — место разработок медной руды начала XIX в. в южных отрогах Назменского хребта. Месторождение было открыто в 1808 г. и разрабатывалось в течение 4 лет. В руднике добывалась самородная медь, медная зелень, землистый и лучистый малахит, халькопирит, куприт.

Новый Уральский острожек — место основания первого на Южном Урале русского поселения XVII в., изыскательских шахт и канав по поиску серебряных руд. Благодаря запасам железной руды, в 1754 г. здесь возникли Косотурский завод и город Златоуст.

Мониторинг природных комплексов и объектов. В национальном парке «Таганай» в рамках Летописи природы используются этапы мониторинга, исторически сложившиеся в заповедной системе России:

1) инвентаризация биоразнообразия (основные, редкие, исчезающие и охраняемые виды);

2) контроль состояния доминантных видов (пихта сибирская, сосна обыкновенная);

3) стационарные наблюдения за состоянием экосистемы (насаждения, памятники природы, фотолетопись ландшафтов и др.);

4) ведение информационной системы хранения, обработки и анализа (банк данных, создание электронных карт по программе ОКАД-7 и др.);

5) создание рекреационной инфраструктуры на территории парка с учётом размещения особо ценных насаждений, водных объектов, мест и миграционных путей животных;

6) оценка состояния биоразнообразия и прогноз изменений.

Научные исследования в парке ведутся своими силами и с привлечением сторонних организаций (Уральский государственный лесотехнический университет, Институт экологии растений и животных УрО РАН, Московский государственный университет, Ильменский заповедник, Ульяновский государственный университет, Миасский геологоразведочный колледж, Институт геологии и геохимии УрО РАН). Большую помощь в сборе полевой документации оказывают студенты и школьники, участвующие в летних экологических экспедициях.

Целью мониторинга на территории парка является обоснование проведения биологическими методами экологического аудита уникальных природных экосистем Таганая ресурсосберегающего и рекреационного назначения в зоне техногенного воздействия.

Национальный парк «Зюраткуль». Площадь парка — 88,249 тыс. га.

Охрана лесов от пожаров. В течение пожароопасного периода 2011 г. проведены следующие противопожарные мероприятия: создано и подновлено 110 км минерализованных полос, содержится и ремонтируется 18 км основных дорог, обустроено 1 место забора воды, построено 18 новых аншлагов и изготовлено 26 баннеров. На выделенные дополнительные средства из федерального бюджета приобретены экскаватор на базе МТЗ-82, автомобиль УАЗ, квадроцикл, воздуходувка, ёмкость РДВ-1300, 10 РЛО. В 2011 г. на территории национального парка произошёл один низовой пожар на площади 9 га.

Мониторинг природных комплексов. В 2011 г. проводился зимний маршрутный учёт численности животных (ЗМУ), всего проведено 12 учётных маршрутов общей протяжённостью 138 км. Результаты учёта приведены в табл. 1.16.

Таблица 1.16

Среднегодовалые данные по численности на территории парка (особей)

Вид	Численность (особей) по результатам ЗМУ в 2011 г.	Численность (расчётная) на территории парка ¹	Среднегодовалые данные численности на территории парка
Белка	315	нет данных	1 576
Волк	1	10	13
Горностай	18	400	34
Заяц-беляк	860	730	822
Колонок	13	нет данных	13
Косуля	12	20–30	34
Куница	72	70	33
Лисица	24	25	17
Лось	276	250	224
Рысь	3	20	6
Глухарь	248	980	299
Тетерев	46	730	114
Рябчик	2 040	2 600	1 493

¹ Примечание: данные по расчётной численности на территории парка приведены на основании охотустройства, проведённого институтом «Росгипролес» в 1994–1995 гг.

Объект находится в 2 850 м к северо-западу от плотины на оз. Зюраткуль на южном склоне одноимённого хребта. Площадка памятника располагается на экскурсионной тропе, начинающейся к северо-западу от плотины озера и идущей на северо-запад, к подножию хребта Зюраткуль. Объект не имеет аналогов на территории Российской Федерации, сходные объекты известны на отдалённых территориях. Он сопоставим со знаменитыми изображениями в пустыне Наска в Южном Перу. Территориально наиболее близкими являются геоглифы в Британии: Uffington White Horse в Оксфордшире, Cerne Abbas в Дорсете. Абсолютно надёжных дат для них нет, предполагаются варианты от 2000 г. до н. э. (эпоха бронзы) до I тыс. н. э. (галлоримское время). Технологически эти изображения ближе изображениям Зюраткуля, так как выполнены в идентичной технике — выборка канавок в гумусе и заполнение их камнем.

1.3.2. Особо охраняемые территории регионального значения

Челябинская область отличается чрезвычайным разнообразием природных ландшафтов. Неоднородность геологического строения западных и восточных её частей усугубляется контрастностью природы отдельных районов. Территория области располагается в пределах двух физико-географических стран: Уральской горной и Западно-Сибирской низменной.

В 1995 г. был принят Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях», согласно которому заповедники и национальные парки находятся в ведении федеральных органов государственной власти. Средства на их содержание поступают исключительно из федерального бюджета.

По состоянию на 1 января 2012 г. на территории Челябинской области располагается 158 ООПТ регионального значения, из них 20 государственных заказников, 137 памятников природы, 1 курорт. Общая площадь особо охраняемых природных территорий регионального значения составила 636,52 тыс. га, или 7,2 % от площади Челябинской области.

1.3.3. Государственные природные заказники и памятники природы Челябинской области

Государственные заказники на территории области образовывались решениями исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов в 1960–1990-е гг. Характеристика заказников приведена в табл. 1.17.

Таблица 1.17

Характеристика заказников Челябинской области

Заказник	Муниципальный район, на территории которого расположен	Площадь, тыс. га	Профиль
Анненский	Карталинский	40,439	Биологический (зоологический и ботанический)
Аршинский	Кисинский, Нязепетровский	17,484	Комплексный
Ашинский	Ашинский	44,348	Биологический (зоологический и ботанический)
Бреденский	Брединский	42,440	Биологический (зоологический)
Бродокалмакский	Красноармейский	19,000	Видовой
Бускульский	Чесменский	13,500	Видовой
Варламовский	Чебаркульский	16,255	Биологический (зоологический и ботанический)
Дигузовский	Красноармейский	5,973	Биологический (зоологический)
Кочердыкский	Октябрьский	18,425	Комплексный
Карагайский	Верхнеуральский, Уйский	18,428	Биологический (зоологический и ботанический)
Нязепетровский	Нязепетровский	23,000	Комплексный
Санарский	Пластовский, Троицкий	33,923	Комплексный (ландшафтный)
Селиткульский	Октябрьский	41,491	Биологический (зоологический и ботанический)
Серпиевский	Катав-Ивановский	55,507	Комплексный
Троицкий	Троицкий	1,220	Комплексный
Уйский	Уйский	16,409	Биологический (зоологический и ботанический)
Харлушевский	Сосновский	18,818	То же
Черноборский	Чесменский	22,403	То же
Шабуровский	Каслинский	20,500	Комплексный
Шуранкульский	Красноармейский	26,619	Видовой
	Итого	496,058	

В 2011 г. на территории заказников были выполнены следующие мероприятия:

- произведён посев кормовых полей на площади 109 га, приобретено 6 т соли, отремонтированы 100 кормушек и 300 солонцов, обустроено 20 галечников и пархалищ;

- проложено 5 004 км троп;

- проведён учёт численности охраняемых объектов животного мира на ООПТ Челябинской области и получены следующие данные (тыс. особей): заяц — 4,80; косуля — 7,00; лось — 0,75; тетерев — 4,06; глухарь — 2,01, на территории Брединского государственного заказника достигнута оптимальная численность сурка — 13,2 тыс. особей, что говорит об эффективности проводимых биотехнических мероприятий;

- изготовление и ремонт аншлагов и информационных знаков.

1.4. Восстановление нарушенных земель и причины их низкой рекультивации

Нарушенные земли — земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.

Нарушение земель происходит при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ. В связи с этим на предприятиях, деятельность которых связана с нарушением земель, неотъемлемой частью технологических процессов являются работы по рекультивации земель (комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и другой ценности земель, а также на улучшение условий окружающей среды).

По состоянию на 01.01.2012 г. площадь нарушенных земель на территории Челябинской области составила 29,0 тыс. га, из них в землях населённых пунктов — 12,7 тыс. га, в землях

промышленности и иного специального назначения — 10,5 тыс. га, в землях сельскохозяйственного назначения — 5,1 тыс. га и т. д. [45].

В целом по области площадь нарушенных земель в 2011 г. возросла на 1,7 тыс. га, что связано с оформлением земельных участков под карьеры для добычи полезных ископаемых. На основании распоряжений Министерства промышленности и природных ресурсов из земель сельскохозяйственного назначения в земли промышленности было переведено для разработки карьеров 2 510 га.

По состоянию на 01.01.2012 г. общая площадь земель, занятых промышленными отходами, составляет 10 197,4083 га, что на 113,2173 га меньше аналогичного показателя 2011 г. Уменьшение площади произошло за счёт рекультивации карьера «Южный» в Озёрском городском округе (2,38 га), освобождения от шлака 3,6 га шлакоотвала в Златоустовском городском округе, использования отходов терриконов при отсыпке дорог (0,13 га) в Копейском городском округе.

По состоянию на 01.01.2012 г. площадь земель, занятая бесхозяйными промышленными отходами, составляет 1 235,8036 га, в том числе в Верхнеуфалейском городском округе — 11,3536 га; в Карабашском городском округе — 149,2 га; в Копейском городском округе — 286,57 га; в Ашинском муниципальном районе — 13 га; в Катав-Ивановском муниципальном районе — 1,7 га; в Коркинском муниципальном районе — 33,3 га; в Кусинском муниципальном районе — 49,7 га; в Саткинском муниципальном районе — 690,98 га.

Из приведённых данных видно, что восстановление нарушенных земель в области ведётся неудовлетворительно, особенно в части территорий больших горных выработок (карьеров, закрытых шахт добычи угля и железной руды). Практически не восстанавливаются выведенные из оборота земли сельскохозяйственного назначения. Основными причинами такой ситуации является нехватка выделяемых средств на проведение этих работ, а также недостатки законодательства и Земельного кодекса РФ.

Глава 2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ

2.1. Состояние минеральных ресурсов области и добыча полезных ископаемых

2.1.1. Состояние топливно-энергетических ресурсов

Месторождения бурого угля в Челябинском бассейне расположены в Сугоякском, Козыревском, Копейском, Камышинском, Коркинском, Еманжелинском и Кичигинском угленосных районах. В настоящее время запасы угля разрабатываются в Коркинском угленосном районе. Государственным балансом запасов на 01.01.2012 г. учитывается 46 объектов бурого угля с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 — 498 633 тыс. т, категории С2 — 23 459 тыс. т и забалансовыми запасами в количестве 106 415 тыс. т [45].

К распределённому фонду недр относятся запасы по четырём объектам (3 шахты и 2 разреза) в количестве категорий А+В+С1 — 157 543 тыс. т, категории С2 — 7 508 тыс. т и забалансовые 3 883 тыс. т. В 2011 г. ОАО «Челябинская угольная компания по добыче угля» вела добычу на одном разрезе и одной шахте. Добыто 552 тыс. т. Потери составили 51 тыс. т. Обеспеченность действующих запасами — от 11 до 64 лет. Вовлечение в разработку балансовых запасов, числящихся в резерве (глубокие горизонты, целики, поля закрытых шахт), вряд ли будет целесообразно. В 2011 г. выдана лицензия на разработку разреза Ключевской 1–2.

Залежи антрацита находятся в Тогузакском угленосном районе. Угленосность приурочена к раннекаменноугольным отложениям. Разведка и добыча производилась в начале и в 30–40-х гг. прошлого века. Имеющиеся запасы государственным балансом не учитываются. Не исключается возможность промышленного использования.

2.1.2. Железородное сырьё

Челябинская область относится к крупнейшим регионам сосредоточения предприятий чёрной металлургии. Основными потребителями железородного сырья в области являются Магнитогорский металлургический комбинат (ОАО «ММК») и Челябинский металлургический комбинат (ОАО «ЧМК»). Добыча и подготовка руд для этих предприятий ведётся силами ООО «Байкальское рудоуправление» и горно-обогатительным производством ОАО «ММК».

Несмотря на то что область обладает 20-й частью всех запасов сырья Уральского региона для металлургической промышленности и осуществляет 10 % общей его добычи, железной рудой предприятия области обеспечиваются не полностью. На территории области на 01.01.2012 г. учтено 24 месторождения железных руд различных генетических типов с суммарными запасами категорий В+С1 в количестве 822 746 тыс. т, категории С2 — 433 860 тыс. т и забалансовыми запасами — 167 154 тыс. т.

В разведанных и предварительно оценённых запасах железных руд области ведущая роль принадлежит сидеритовым рудам: 74,3 % запасов промышленных категорий и 83,5 % запасов категории С2. Доля более высококачественных и технологичных магнетитовых руд и бурых железняков в запасах промышленных категорий области составляет соответственно 18,5 и 3,9 %, в запасах категории С2 — 12,6 и 0,7 %.

Из 8 месторождений области, учитываемых Государственным балансом как распределённые, в 2011 г. фактически разрабатывалось 6. Всего добыто в течение года 4 458 тыс. т руды, потери при добыче составили 312 тыс. т. ООО «Бакальское рудоуправление», имея лицензии на 5 месторождений, в 2011 г. вело добычу на 4 месторождениях. Добыто 1 009 тыс. т сидеритовых руд на Шиханском и Ново-Бакальском месторождениях, 173 тыс. т бурых железняков на Петлинском месторождении, на Теченском месторождении добыто 752 тыс. т магнетитовых руд при потерях 12 тыс. т.

ОАО «ММК» добыто на месторождениях Малый Куйбас и Подотвальном 2 915 тыс. т магнетитовых и 261 тыс. т титаномагнетитовых руд, потери составили 75 и 2 тыс. т соответственно.

В сырьевом балансе этих предприятий доля местного сырья не превышает 15–25 %. Остальное — привозное сырьё из других регионов России.

При уровне добычи в 2011 г. в 4 770 тыс. т общая обеспеченность горнодобывающих предприятий области запасами даже разрабатываемых месторождений очень высока и составляет более двухсот лет, а всеми разведанными запасами по уровню погашения 2011 г. — более 300 лет. Очень высокие показатели общей обеспеченности разведанными запасами обусловлены большим удельным весом в них сидеритовых руд, которые из-за отсутствия приемлемой для металлургии технологии обогащения и рудоподготовки не находят пока должного применения в металлургическом переделе.

В связи с этим металлургические предприятия области испытывают большие сложности с сырьевым обеспечением и вынуждены ориентироваться в основном на привозное сырьё. ОАО «ММК» проводит разведочные работы на флангах месторождения Малый Куйбас (С2+заб.+Р2 — 50,4 млн т), оценку глубоких горизонтов этого же месторождения (Р1+Р2+Р3 — 260 млн т) и поиски на Лысогорском участке (Р1 — 15 млн т), Ключевской площади (Р1 — 650 млн т) и Кульмяковском участке (Р1+Р2 — 80 млн т).

Дополнительной сырьевой базой для чёрной металлургии могут быть титаномagnetитовые руды, забалансовые запасы и прогнозные ресурсы которых достаточно велики. ООО «ЛЕКС ЭЛЕКТА» проводит геологоразведочные работы на Суроямском участке (Р1 — 6,4 млн т).

2.1.3. Хромсодержащие руды

Хромовые руды для Челябинской области при наличии мощного и передового предприятия ферросплавной отрасли страны — ОАО «ЧЭМК» — в современных условиях являются остродефицитным сырьём. Работами прошлых лет (1930–1940-е гг.) на многочисленных ультраосновных массивах области выявлено, оценено и разведано более 300 мелких приповерхностных месторождений (залелей) хромитов, активно разрабатывавшихся для нужд построенного в предвоенные годы

Челябинского ферросплавного завода. Легкодоступные приповерхностные залежи высококачественных руд в основном выработаны.

По неполным и очень противоречивым данным, общее количество этих запасов до глубины 50 м не превышает 300 тыс. т, а в отдельных месторождениях — от сотен до первых десятков тысяч тонн. Качество руд невысокое, в среднем содержание Cr_2O_3 до 35 %.

На 01.01.2012 г. Государственным балансом по Челябинской области учтено 10 месторождений хромовых руд с запасами 67,2 тыс. т по категории С1, 31 тыс. т по категории — С2 и 17,9 тыс. т — забалансовых запасов. Пять месторождений числятся в категории распределённого фонда недр как разрабатываемые.

В 2011 г. добыто 0,7 тыс. т хромовых руд.

2.1.4. Марганец- и титансодержащие руды

Из других видов сырья чёрной металлургии известны месторождения титана и марганца. Из этих месторождений следует особо отметить Кусинскую группу титаномагнетитовых руд, которые содержат 50–57 % железа, а также титан, хром и ванадий. Из разведанных в последние годы наиболее значительным является Теченское месторождение на северо-востоке области.

Марганцевые руды являются остродефицитным сырьём. В 2009 г. Ашинское рудоуправление завершило оценку Трёхгранного месторождения окисленных марганцевых руд в Ашинском районе. Запасы поставлены на государственный учёт по состоянию на 01.01.2011 г. в количестве 229 тыс. т по категории С1 и 2 745 тыс. т — по категории С2. Ведутся разведочные работы.

Челябинская область является единственным в регионе обладателем запасов титановых руд. Государственным балансом на территории области в горнозаводской зоне учтено два — Медведёвское балансовое, Копанское забалансовое (Государственный резерв) — месторождения титансодержащих руд в коренном залегании и группа забалансовых россыпей бассейна р. Ай. Медведёвское месторождение подготавливается к эксплуатации ООО «Мед-

ведёвский ГОК». В 2007 г. начаты вскрышные работы. По месторождению учитываются балансовые запасы по категориям В+С1 в количестве 294 272 тыс. т руды, содержащей 20 686 тыс. т диоксида титана, по категории С2 133 739 тыс. т руды, содержащей 9 523 тыс. т диоксида титана и забалансовые запасы 106 006 тыс. т руды, содержащей 7 401 тыс. т диоксида титана.

В государственном резерве находятся забалансовые запасы руд диоксида титана комплексного коренного железорудного Копанского месторождения в количестве 102 976 тыс. т руды, содержащей 7 842 тыс. т диоксида титана и 346 тыс. т оксидов ванадия и забалансовые запасы россыпи бассейна р. Ай в количестве 74 182 тыс. м³ песков, содержащих 978 тыс. т двуокиси титана и 7 тыс. т оксида ванадия.

2.1.5. Медь-, цинк- и никельсодержащие руды

Челябинская область обладает реальной минерально-сырьевой базой для цветной металлургии. Государственным балансом России по области учитываются месторождения медноцинковых, медных, никелевых (с кобальтом), бериллиевых, ниобиевых, циркониевых и титановых руд. В области разведаны 9 медноколчеданных месторождений (5 эксплуатируются, 2 находятся в стадии подготовки к освоению, 2 — в госрезерве) с суммарными запасами руды 104 млн т. Запасы и ресурсы меднопорфировых руд составляют 900 млн т. Месторождения никеля и кобальта сосредоточены в районе г. Верхнего Уфалея, а также обнаружены на юге области.

Промышленное значение имеют колчеданные месторождения, руды которых кроме меди и цинка содержат золото, серебро и ряд редких металлов (теллур, германий, кадмий, селен, индий, галлий), а также серу и барит. Область обладает третьей частью общих запасов региона меди и двумя третями цинка, обеспечивая более 40 % общей добычи меди и 60 % цинка. Однако переработка добываемых руд осуществляется за пределами области, а единственным потребителем цинкового концентрата является Челябинский электролитно-цинковый завод, где из него извлекают наряду с цинком свинец, кадмий, золото, серебро, индий, селен, теллур.

Черновая медь с медеплавильных заводов Свердловской области частично перерабатывается в электролитическую медь на Кыштымском медеэлектролитном заводе. На 01.01.2012 г. по Челябинской области учтено 12 месторождений меди с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 — 372 914 тыс. т руды, содержащей 2 646,9 тыс. т меди, по категории С2 — 453 510 тыс. т руды, содержащей 2 153,1 тыс. т меди и забалансовыми запасами в количестве 259 132 тыс. т руды, содержащей 657,1 тыс. т меди. 9 месторождений относятся к медноколчеданному типу, 2 — к меднопорфировому и 1 — к золотопорфировому.

На 01.01.2012 г. государственным балансом учтено 9 месторождений цинка с суммарными балансовыми запасами руды по категориям А+В+С1 в количестве 85 117 тыс. т, содержащей 1 937,1 тыс. т, цинка по категории С2 — 7 650 тыс. т руды, содержащей 187,2 тыс. т цинка, и забалансовыми запасами 11 480 тыс. т руды, содержащей 431,1 тыс. т цинка. Все месторождения относятся к колчеданному типу.

По состоянию на 01.01.2012 г. к категории разрабатываемых относятся Узельгинское, Талганское, Молодёжное, Александринское, Султановское и Чебачье месторождения. ОАО «Учалинский ГОК» обрабатывает подземным способом Узельгинское и Талганское месторождения единым шахтным полем и Молодёжное месторождение. В резерве находится месторождение Новое. Обеспеченность рудника запасами около 40 лет.

В 2011 г. добыто 2 990 тыс. т руды, содержащей 74,4 тыс. т меди и 51,5 тыс. т цинка. Общие потери при добыче составили 122 тыс. т руды, содержащей 3,3 тыс. т меди и 2,1 тыс. т цинка. Добываемая руда перерабатывается в медный и цинковый концентраты Учалинским ГОКом в соседнем Башкортостане. Медный концентрат перерабатывается в основном на медеплавильных предприятиях Свердловской области, а цинковый — на Челябинском цинковом заводе и ОАО «Электроцинк».

С 1995 г. ОАО «Александринская горнорудная компания» на собственной обогатительно фабрике вело отработку открытым способом Александринского колчеданного месторождения, а в 2009 г. начата подземная отработка. Обеспеченность рудника

промышленными запасами составляет 1 год. В дальнейшем предусматривается отработка забалансовых запасов. В 2011 г. добыто 164 тыс. т руды, содержащей 4,8 тыс. т меди и 5,3 тыс. т цинка, потери составили 12 тыс. т руды, содержащей 0,4 тыс. т меди и 0,4 тыс. т цинка. Медный концентрат поставляется на ЗАО «Карабашмедь», цинковый — на Челябинский цинковый завод.

На Маукском месторождении (Каслинский район) ЗАО «Маукский рудник» с 1996 г. ведётся строительство подземного рудника. В 2011 г. попутно добыто 19 тыс. т руды (0,2 тыс. т меди). Добываемая попутно руда направляется на обогатительную фабрику Александринской горнорудной компании и складировается.

В 2011 г. начата добыча на Султановском и Чебачьем месторождениях. На Султановском месторождении (Кунашакский район) Металлургическим заводом им. А. Л. Серова (Свердловская область) в 2007 г. начаты вскрышные работы. Одновременно ведётся доразведка. В 2011 г. попутно добыто 426 тыс. т руды, содержащей 8,6 тыс. т меди и 1,8 тыс. т цинка. Потери составили 5 тыс. т руды (0,1 тыс. т меди). Добываемая руда направляется на обогатительную фабрику ОАО «Учалинский ГОК».

На Чебачьем месторождении ОАО «Верхнеуральская руда» ведётся строительство подземного рудника. В 2011 г. добыто 154 тыс. т руды, содержащей 2,9 тыс. т меди и 0,1 тыс. т цинка. Потери составили 5 тыс. т руды (0,1 тыс. т меди и 0,1 тыс. т цинка). Добываемая руда направляется на обогатительную фабрику Александринской горнорудной компании. В 2006 г. на государственный баланс поставлены оценённые запасы Томинского и Михеевского месторождений меднопорфирирового типа. На этих месторождениях ведутся разведочные работы ЗАО «Томинский ГОК» и ЗАО «Михеевский ГОК» соответственно.

В 2010 г. ЗАО «Михеевский ГОК» завершило разведочные работы. Запасы утверждены ГКЗ в следующих количествах: по категориям В+С1 — 286 673 тыс. т руды, содержащей 1 265,6 тыс. т меди, по категории С2 — 65 365 тыс. т руды, содержащей 299,8 тыс. т меди, и забалансовыми 53 429 тыс. т руды, содержащей 208 тыс. т меди. В 2011 г. начаты работы по вскрытию месторождения.

В 2009 г. ОАО «Челябинский цинковый завод» завершил оценку цинковых руд на Амурском месторождении в Брединском районе. Запасы приняты как забалансовые. В государственном резерве находится только Новое и Южное месторождения. На 01.01.2012 г. по Челябинской области государственным балансом учтено 9 месторождений силикатных никелевых руд с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 в количестве 9 000 тыс. т руды, содержащей 95,6 тыс. т никеля, категории С2 в количестве 9 952 тыс. т руды, содержащей 81 тыс. т никеля и забалансовыми запасами в количестве 29 300 тыс. т руды, содержащей 207,6 тыс. т никеля. Все месторождения представлены силикатными никелевыми рудами коры выветривания по массивам ультраосновных пород.

Переделом никелевых руд в области занимается ОАО «Уфалейникель» — первенец российской никелевой промышленности. Потребность в руде на 100 % удовлетворяется за счёт поставок с Серовского месторождения (Свердловская область).

На юге области с 1994 г. Сахаринским рудником отрабатывается одноимённое месторождение в Агаповском районе с поставкой руды на Орский завод ОАО «Комбинат “Южуралникель”». В 2011 г. разрабатывалось только Сахаринское месторождение. Добыто 816 тыс. т руды, содержащей 7,1 тыс. т никеля. Потери при добыче по руде составили 68 тыс. т, по никелю — 0,5 тыс. т. Обеспеченность рудника промышленными запасами — 4 года.

ООО «Горнорудное предприятие “НИКО”» (Екатеринбург) выполняет на Рогожинском месторождении оценочные работы по возможности отработки забалансовых запасов в недрах и отвалах методом подземного выщелачивания. Аналогичные работы планирует выполнять ООО «БРИЗ» (Москва) на Гулинском месторождении.

ООО «Уралгидроникель» (Екатеринбург) получило лицензию на разведку и добычу руд на Куликовскую группу месторождений (Арсинское, Соляноложское, Ново-Темирское и Южно-Темирское). В резерве, кроме забалансовых, находятся только Юго-Восточный участок Сахаринского месторождения и предварительно разведанное, но не учтённое балансом Каменнодольское месторождение. Государственным балансом учитыва-

ется Вязовское месторождение бокситов с забалансовыми запасами 1 367 тыс. т.

2.1.6. Ниобий-, цирконий- и бериллийсодержащие руды

В Челябинской области имеются также месторождения ниобия, циркония, бериллия, вольфрама и молибдена. Ниобиевое оруденение ниобием сосредоточено в Вишневогорском рудном узле в составе Ильменогорской металлогенической зоны. Редкометальные месторождения и рудопроявления генетически и пространственно связаны с Вишневогорским щелочным комплексом. На территории Челябинской области имеется единственное месторождение с балансовыми промышленными запасами — Вишневогорское. На его базе действовал Вишневогорский ГОК. В 1993 г. добыча руды была прекращена, а ГОК был переориентирован на производство нефелин-полевошпатового концентрата для керамической промышленности. С 1997 г. месторождение находится в Государственном резерве с балансовыми запасами пироклоровых руд категорий В+С1 в количестве 3 770 тыс. т руды, содержащей 5 535 т оксида ниобия, категории С2 в количестве 151 тыс. т руды, содержащей 184 т оксида ниобия, и забалансовыми запасами в количестве 60 033 тыс. т руды, содержащей 52 751 т оксида ниобия.

Государственным балансом Челябинской области по состоянию на 01.01.2012 г. учитываются забалансовые запасы циркония Вишневогорской группы россыпей и в качестве попутного компонента в Вишневогорском месторождении ниобия в количествах соответственно 30 770 тыс. м³ песков, или 31 тыс. т диоксида циркония, и 51 850 тыс. т руды, или 47,3 тыс. т диоксида циркония. В качестве попутного компонента он имеется в разведанных, но не учтённых балансом месторождениях Западно-Ереминское и Сибирка.

Государственным балансом учитываются запасы бериллия по Боевскому месторождению грейзенового типа.

2.1.7. Вольфрам- и молибденсодержащие руды

В пределах Челябинской области возможно выявление месторождений вольфрама жильного, скарнового и грейзенового

типа и комплексных молибден-вольфрамовых месторождений штокверкового и брекчиевого типов. ООО «Уральская вольфрамовая компания» проводит поисковые и оценочные работы на Гумбейской площади (P2 — 15 тыс. т).

Государственным балансом в Челябинской области учитывается в качестве попутного компонента в разведываемом ЗАО «Михеевский ГОК» Михеевском меднопорфировом месторождении (С2 — 14 тыс. т, забаланс — 2,45 тыс. т). В качестве попутного компонента имеется также в предварительно разведанном, но не учтённом балансом месторождении Сибирка. В пределах Челябинской области возможно выявление комплексных молибден-вольфрамовых месторождений штокверкового и брекчиевого типов.

2.1.8. Руды, содержащие редкие элементы

В небольших объёмах в Челябинской области имеются также месторождения редкоземельных элементов. Месторождения с промышленными запасами редких земель в области отсутствуют. В пределах Ильменогорской редкометальной металлогенической зоны имеется Теняжское рудопроявление (P1+P2) редких земель иттриевой группы и перспективная Алтынташская площадь (P2). Проявления иттриевого оруденения связаны с корами выветривания. В северо-западном экзоконтакте Вишневогорского щелочного комплекса находится Спирихинское месторождение редких земель цериевой группы, изученное на стадии поисковых работ, с прогнозными ресурсами категории P1 — 52,4 тыс. т.

2.1.9. Руды и пески, содержащие золото и серебро

Недра Челябинской области содержат значительные запасы золота, которые сосредоточены в рудных (97 %) и россыпных (3 %) месторождениях. К числу первых относится Кочкарское месторождение (г. Пласт). Добыча россыпного золота ведётся в Миасском золотоносном районе.

На территории Челябинской области по состоянию на 01.01.2012 г. Государственным балансом учтено 52 месторождения золота с суммарными запасами категории В+С1 в ко-

личестве 208 656 кг, категории С2 — 87 847 кг и забалансовыми запасами в количестве 54 727 кг. Месторождения золота по генетическому типу разделены на коренные, комплексные и россыпные. По группе коренных учитываются собственно золоторудные месторождения с кварцево-сульфидными рудами. По группе комплексных учитываются медноколчеданные, медно-порфиновые и железорудные месторождения, в которых золото является попутным компонентом.

По группе коренных месторождений на 01.01.2012 г. по области учтено 7 месторождений с балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 10 293 тыс. т руды, содержащей 43 241 кг золота, категории С2 — 3 620 тыс. т руды, содержащей 25 878 кг золота, и забалансовыми запасами в количестве 21 571 тыс. т руды, содержащей 32 432 кг золота. Шесть месторождений — Кочкарское, Светлинское, Тамбовское, Южный Куросан, Западный Куросан и Березняковское — относятся к категории разрабатываемых. В 2011 г. на них было добыто 5 829 кг золота, потери составили 423 кг.

По группе комплексных учтено 10 месторождений: медноколчеданные, меднопорфиновые и магнетитовые руды, содержащие золото. На 01.01.2012 г. по ним учитываются балансовые запасы категорий В+С1 в количестве 91 909 тыс. т руды, содержащей 146 479 кг золота, категории С2 — 354 233 тыс. т руды, содержащей 61 010 кг золота, и забалансовые запасы в количестве 70 390 тыс. т руды, содержащей 16 621 кг золота. К числу разрабатываемых относятся Узельгинское, Молодёжное, Талганское, Чебачье, Александринское и Султановское медноколчеданные месторождения. В 2011 г. на них добыто 5 846 кг золота при потерях 227 кг. При переработке колчеданной руды на обогатительной фабрике извлечение золота в медный и цинковый концентраты, из которых оно извлекается при последующем металлургическом переделе, не превышает 10–40 %. Таким образом, потери попутного золота достигают 60–90 %.

По группе россыпных месторождений на 01.01.2012 г. учтено 35 месторождений с балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 146 020 тыс. м³ песков, содержащих 18 936 кг золота, категории С2 — 3 022 тыс. м³ песков, содержащих

959 кг золота, и забалансовыми запасами песков в количестве 76 244 тыс. м³, содержащих 5 674 кг золота. Разрабатываются 5 россыпей: Байрамгуловская, Казанская и Майская. В 2011 г. из россыпей добыт 81 кг золота.

Серебро является попутным с золотом полезным компонентом в золоторудных и комплексных месторождениях. Государственным балансом на 01.01.2012 г. по области учтено 18 месторождений с балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 86 597 тыс. т руды, содержащей 2 599,6 т серебра, категории С2 — 372 923 тыс. т руды, содержащей 824,4 т серебра, и забалансовыми запасами в количестве 98 689 тыс. т руды, содержащей 249,9 т серебра. В 2011 г. всего добыто 121,9 т серебра.

2.1.10. Сырьё, содержащее химические соединения

Из полезных ископаемых, относящихся к химическому сырью, на территории Челябинской области имеются тальк, фосфориты, серные колчеданы, различные соли. Крупнейшее в стране месторождение магнезита находится в районе г. Сатки, запасы его огромны. Ещё одно крупное месторождение разведано в последнее время в верховьях р. Ай — Семибратское месторождение. В области выявлено более 50 месторождений графита, крупнейшим из которых является Тайгинское вблизи г. Кыштыма. Челябинская область богата высококачественным мрамором, крупнейшими месторождениями которого являются Коелгинское, Баландинское и Уфалейское. Разведаны запасы мрамора — более 10 млн м³.

Драгоценные и поделочные камни встречаются в трёх местах — в Ильменских, Вишнёвых горах и возле г. Пласта.

В Челябинской области имеется одно месторождение фосфоритов, стоящее на государственном балансе, — Ашинское, расположенное на юго-восточной окраине г. Аши. Обработка месторождения производилась в период с 1960 по 1972 г. Ашинским фосфоритовым заводом. На 01.01.2012 г. остаток балансовых запасов категорий В+С1 составляет 3 604 тыс. т руды (833 тыс. т пятиокиси фосфора), категории С2 — 25 тыс. т руды (3 тыс. т пятиокиси фосфора), забалансовые запасы — 4 т руды. Месторождение законсервировано и числится в госрезерве.

В этом же Ашинском районе находятся ещё два месторождения фосфоритов с предварительно оценёнными запасами руды: Симское — 2,7 млн т и Кукашкинское — 0,7 млн т.

Челябинская область, обладая 14 % общероссийских запасов каолина, обеспечивает 66 % общей добычи. На 01.01.2012 г. балансом учтено 5 месторождений каолина с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 в количестве 35 000,4 тыс. т и категории С2 — 19 950,6 тыс. т. Кроме того в отвалах находится 1 444 тыс. т. В 2011 г. разрабатывались четыре месторождения: Кыштымское, Еленинское, Журавлиный Лог и Полетаевское, добыто 307,6 тыс. т каолина, потери составили 7 тыс. т.

Кыштымское месторождение обрабатывается ОАО «Ксанта». В 2011 г. перерабатывалось сырьё из отвалов. Обогащённый каолин направляется на предприятия огнеупорной, керамической, химической и электротехнической промышленности. Обеспеченность запасами — 38 лет. Еленинское месторождение дорабатывается ОАО «Новокаолиновый ГОК». В 2011 г. добыто 174 тыс. т, потери составили 5 тыс. т. Обеспеченность — около трёх лет.

ЗАО «Пласт-Рифей» обрабатывает месторождение Журавлиный Лог. В 2011 г. добыто 65,2 тыс. т. Обогащённый каолин поставляется в основном (99,33 %) на предприятия керамической промышленности. Основные потребители обогащённого сырья: ОАО ЦКБ «Кама», ОАО «Пиастрелла», ПК «Дулевский фарфор», ЗАО «Багдановичский фарфоровый завод», ООО «Великолуцкий завод электротехнического фарфора», ЗАО «Добрушский фарфоровый завод» и др. Каолин-сырец поставляется ЗАО «Феникс-фарфор», ООО «Южноуральский арматурно-изоляционный завод» и др. Обеспеченность запасами — более 100 лет.

ООО «Уральская каолиновая компания» обрабатывает часть Полетаевского месторождения, в 2011 г. добыто 68,4 тыс. т, потери составили 2 тыс. т. Основные потребители сырья ЗАО «Завод строительных конструкций», ОАО «Уктус», ОАО «Пиастрелла». Область обладает значительными прогнозными ресурсами.

Запасы барита в Челябинской области разведаны на Медведёвском месторождении (собственно баритовый тип) и сосредоточены в медноколчеданных месторождениях Учалинской группы (сульфидно-баритовый тип). На 01.01.2012 г. балансом

учитываются четыре месторождения барита с балансовыми запасами категорий В+С1 — 1 423,2 тыс. т барита, категории С2 — 284,9 тыс. т и забалансовыми запасами 8,8 тыс. т. Медведёвское месторождение барита с запасами 666,5 тыс. т барита находится в Кусинском районе Челябинской области и подготавливается к разработке ЗАО «Барит-Газ».

В 2011 г. на Молодёжном, Талганском и Чебачьем месторождениях попутно добыто 70,5 тыс. т барита. Барит извлекается в медный, цинковый и пиритный концентраты, а после флотирования сульфидов остаётся в отвальных хвостах из-за недоработки технологии получения товарных баритовых концентратов.

В Челябинской области находятся также месторождения глауконита, талька и нефелинов. На 01.01.2012 г. балансом учтено одно Каринское месторождение глауконитового песка с балансовыми запасами категорий В+С1 3 006 тыс. т и категории С2 — 172 тыс. т. В 2010 г. ООО «Глауконит» начало отработку месторождения. В 2011 г. добыча не производилась. Имеются значительные прогнозные ресурсы.

2.1.11. Кварцсодержащее сырьё

Уральский регион является основным в России по запасам кварцевого сырья. Государственным балансом на 01.01.2012 г. по Челябинской области учитывается 14 месторождений кварцевого сырья в следующих количествах по видам сырья:

– гранулированный кварц — учитываются десять месторождений (Кыштымское, Маукское, Ларинское, Кузнечихинское, Вязовское, Агордяшское, Уфимское, Иткульское и Егустинское) с балансовыми запасами категории С1 2 062,7 тыс. т, категории С2 — 719,2 тыс. т, забалансовыми запасами — 476,1 тыс. т;

– молочно-белый жильный кварц — учитываются два месторождения (Ларинское и Иткульское) с запасами категории С1 в количестве 166,9 тыс. т;

– прозрачный жильный кварц — учитывается одно Пугачёвское месторождение с запасами категории С1 5,4 тыс. т и категории С2 — 15 тыс. т;

– кристаллосырьё, пьезооптический кварц, горный хрусталь для плавки и огранки — учитываются три месторождения

(Астафьевское, Светлинское и Акмуллинское) с балансовыми и забалансовыми запасами:

- кристаллического сырья категории С1 — 2 660,9 т, категории С2 — 5 514,1 т;
- пьезооптического кварца категории С1 — 38 247 кг моноблоков, категории С2 — 8 266 кг моноблоков и забалансовыми запасами — 40 кг моноблоков;
- горного хрусталя для плавки категории С1 — 1 127,1 т, категории С2 — 1 587,9 т;
- горного хрусталя для огранки категории С1 — 0,4 т, категории С2 — 0,8 т.

К категории разрабатываемых относятся три месторождения гранулированного кварца (Кыштымское, Кузнечихинское и Вязовское). В 2011 г. добыча производилась ОАО «Кыштымский ГОК» на Кыштымском месторождении и ОАО «Кыштымкварцсамоцветы» на Вязовском месторождении. Добыто 5,6 тыс. т гранулированного кварца, потери составили 0,4 тыс. т. Имеются значительные прогнозные ресурсы.

2.1.12. Вермикулит-, тальк- и графитсодержащее сырьё

В Челябинской области расположено одно из крупнейших месторождений вермикулита. На 01.01.2012 г. по области учтено одно Потанинское месторождение вермикулита с балансовыми запасами категории С1 — 13 090 тыс. т руды (3 207 тыс. т вермикулита) и категории С2 — 335 тыс. т руды (77 тыс. т вермикулита). Кроме того в складах находится 6 тыс. т бедных руд (2 тыс. т вермикулита). Месторождение эксплуатируется ООО «Уралвермикулит», в 2011 г. добыто 13 тыс. т руды (4 тыс. т вермикулита). Обеспеченность предприятия запасами при проектной производительности в 300 тыс. т руды — 43 года.

Имеются два перспективных участка на флангах Потанинского месторождения с прогнозными ресурсами, а также предварительно разведанное Субутакское месторождение.

Челябинская область является единственным поставщиком графита в Российской Федерации. На 01.01.2012 г. балансом учтены 2 месторождения графита — Тайгинское и Боёвское. Запасы категорий А+В+С1 составляют 28 113 тыс. т руды

(942,8 тыс. т графита), в забалансовых запасах числится 2 538 тыс. т руды (42,6 тыс. т графита), в отвалах заскладирована 381 тыс. т руды (9,8 тыс. т графита). Кроме того имеются два проявления: Ново-Тайгинское с запасами графита категории С2 — 213 тыс. т и Аргазинское с ресурсами Р1 — 1 100 тыс. т графита.

Тайгинское месторождение разрабатывается ООО «Уралграфит», в 2011 г. добыто 445 тыс. т руды, или 12,8 тыс. т графита, потери составили 7 тыс. т руды, или 0,2 тыс. т графита. Добытая руда перерабатывается обогатительной фабрикой с годовой производительностью 600 тыс. т руды (12 тыс. т графита). Производится графит марок ГЛ (литейный), ГТ (тигельный), ГЭ (элементный), ЭУГ (электроугольный), ГК (карандашный), ГАК (аккумуляторный), П (пороховой). Обеспеченность предприятия запасами в проектных контурах отработки — 40 лет. Боёвское месторождение числится в госрезерве.

На 01.01.2012 г. балансом учтено 5 месторождений талька и талькового камня с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 — 13 713 тыс. т и категории С2 — 2 063 тыс. т, забалансовые — 39 056 тыс. т. ЗАО «Недра» добывает более половины талька в России при разработке Сыростанского месторождения талькового камня, в 2011 г. добыто 29 тыс. т, потери — 1 тыс. т. Обеспеченность предприятия запасами — 41 год.

На 01.01.2012 г. балансом учтено одно Вишневогорское месторождение нефелин-полевошпатового сырья с балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 32 473,5 тыс. т, категории С2 — 33 574,8 тыс. т и забалансовыми (за контуром проектного карьера) — 14 909 тыс. т. Месторождение разрабатывается с 1995 г. ОАО «Вишневогорский ГОК» является основным (около 95 %) поставщиком этого вида сырья в России. В 2011 г. добыто 1 426,8 тыс. т нефелин-полевошпатового сырья, потери составили 189,3 тыс. т. Обеспеченность предприятия запасами более чем на 40 лет. Получаемый концентрат поставляется на крупнейшие отечественные стекольные и керамические предприятия, а также в страны ближнего и дальнего зарубежья. В непосредственной близости находится предварительно разведанное Западно-Ерёминское месторождение с забалансовыми запасами.

2.1.13. Стекольное и нерудное сырьё

В Челябинской области находятся также месторождения стекольного сырья и мусковита. На 01.01.2012 г. балансом учтено 2 месторождения кварцевых песков: Ерофеевское и Сугоякское с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 — 27 510 тыс. т и категории С2 — 6 211 тыс. т. Имеются предварительно разведанные Васильевское и Ивановское месторождения с неучтёнными балансом запасами категории С2 — 59 900 тыс. т. На 01.01.2012 г. балансом учтено месторождение мусковита с суммарными балансовыми запасами категорий В+С1 — 9 991 т, категории С2 — 4 742 т и забалансовыми 368 т.

В Челябинской области находятся также месторождения нерудного сырья для металлургии (магнезит, кварциты, доломиты, формовочные материалы, тугоплавкие и огнеупорные глины). Область, обладая 17 % общероссийских запасов, обеспечивает почти 99 % общей добычи. Потребителями продукции являются металлургические и горно-металлургические комбинаты России и Украины. На 01.01.2012 г. балансом запасов учитываются три месторождения магнезита с балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 128 057 тыс. т, категории С2 — 13 081 тыс. т и забалансовыми запасами в количестве 2 975 тыс. т. Кроме того, в спецотвалах складировано 5 320 тыс. т низкосортных магнезитов, отнесённых к забалансовым.

ОАО «Комбинат «Магнезит»» разрабатываются Саткинское и Берёзовское месторождения. В 2011 г. добыто 2 573 тыс. т магнезита, потери составили 371 тыс. т. Обеспеченность запасами для открытой отработки составляет по Саткинскому месторождению 5 лет, по Берёзовскому — 11 лет. Запасов для подземной отработки на Саткинском месторождении — более чем на 30 лет. Прогнозные ресурсы Саткинского района достаточно велики, но имеют низкие категории. Имеется предварительно разведанное Семибратское месторождение с запасами категории С1+С2 — 334 021 тыс. т и ресурсами категории Р1+Р2 — 75 000 тыс. т.

На 01.01.2012 г. балансом учитывается 12 месторождений кварцитов с суммарными балансовыми запасами категорий А+В+С1 в количестве 169 181 тыс. т, категории С2 — 44 083 тыс. т и забалансовыми запасами — 19 694 тыс. т. Кроме

этого, в отвалах учитываются запасы категории С1 ранее добытых кварцитов в количестве 9 836 тыс. т. По группе разрабатываемых учитываются запасы трёх месторождений: северо-западный склон г. Иркутскан, Курминское — северная часть, Бобровское (правобережный участок).

В 2011 г. добыча осуществлялась только на Бобровском и Курминском месторождениях. Бобровское (правобережный участок) месторождение (Троицкий район) эксплуатирует ООО «Бобровский кварцит». Добыто 276 тыс. т, потери — 8 тыс. т. Обеспеченность предприятия — 30 лет. Основные потребители — ОАО «ММК», Медногорский МСК (Башкортостан) и Кировоградский МПК (Свердловская область).

ОАО «Уфалейникель» для собственного производства добыл в 2011 г. 26 тыс. т при потерях 1 тыс. т кварцитов на Курминском месторождении.

На 01.01.2012 г. государственным балансом учитываются 4 месторождения доломита с балансовыми запасами категорий А+В+С1 в количестве 146 546 тыс. т, категории С2 — 41 836 тыс. т и забалансовыми запасами в количестве 11 149 тыс. т. Кроме того, в спецотвалах Саткинского месторождения заскладировано 157 086 тыс. т металлургического доломита. В 2011 г. разрабатывались Лисьегорское и Саткинское месторождения.

Лисьегорское месторождение разрабатываются Магнитогорским металлургическим комбинатом. В 2011 г. добыто 740 тыс. т доломитов и 50 тыс. т известняков, потери составили соответственно 5 и 2 тыс. т. Обеспеченность запасами — 65 лет.

На Саткинском месторождении магнезитов попутно добыто 338 тыс. т доломитов.

2.1.14. Формовочное сырьё и глины

На 01.01.2012 г. по Челябинской области учитывается 10 месторождений формовочного сырья: 6 месторождений формовочных песков с суммарными запасами категорий В+С1 в количестве 83 498 тыс. т, категории С2 — 9 350 тыс. т; одно месторождение формовочных глин с запасами категорий В+С1 — 2 516 тыс. т; два месторождения пылевидного кварца с запасами

категорий А+В+С1 в количестве 821 тыс. т, категории С2 — 481 тыс. т; одно месторождение с забалансовыми запасами глин в количестве 1 633 тыс. т.

В 2011 г. разрабатывалось два месторождения формовочных песков — Кичигинское и Галяминское — и два месторождения формовочных глин — Нижнеуveltское (участок Бугор) и Нехаевское. Кичигинское месторождение формовочных песков разрабатывается с 1936 г. В 2011 г. ОАО «Кварц» добыто 765 тыс. т, потери составили 59 тыс. т. Обеспеченность запасами при плановой годовой производительности в 1 млн т составляет 54 года. Готовая продукция поставляется более 100 предприятиям металлургии и машиностроения Урало-Сибирского региона.

Галяминское месторождение формовочных песков разрабатывается с 1941 г. В 2011 г. добыча не производилась. Имеются значительные ресурсы формовочных песков. ЗАО «Народное предприятие “Челябинское рудоуправление”» эксплуатирует Нижнеуveltское и Нехаевское месторождения глин.

Нижнеуveltское (участок Бугор) месторождение огнеупорных, тугоплавких и формовочных глин эксплуатируется с 1975 г. В 2011 г. добыто 5 тыс. т формовочных глин. Глины отгружаются более 100 предприятиям. В 2007 г. приступили к отработке забалансовых запасов Нехаевского месторождения. В 2011 г. добыта 1 тыс. т.

На 01.01.2012 г. по Челябинской области учитываются два месторождения тугоплавких глин с балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 454 тыс. т и забалансовыми запасами в количестве 2 639 тыс. т. Оба месторождения отрабатываются ОАО «Народное предприятие “Челябинское рудоуправление”».

В 2011 г. на Нижнеуveltское месторождении добыто 55 тыс. т тугоплавких глин, потери составили 4 тыс. т. Глины отгружаются более 20 предприятиям.

В 2011 г. на Нехаевском месторождении добыто 89 тыс. т тугоплавких глин, потери составили 5 тыс. т. Обеспеченность предприятия запасами всех видов глин при плановой годовой производительности в 185 тыс. т составляет 5 лет.

Ведутся разведочные работы на Западно-Упругском месторождении.

На 01.01.2012 г. по Челябинской области учитываются три месторождения огнеупорных глин с суммарными балансовыми запасами категорий В+С1 в количестве 195 736 тыс. т категории С2 — 223 893 тыс. т и забалансовыми запасами в количестве 1 797 тыс. т. ЗАО «Народное предприятие “Челябинское рудоправление”» эксплуатируют Нижнеувельское и Нехаевское месторождения. На Нижнеувельском (участок Бугор) месторождении в 2011 г. добыто 261 тыс. т огнеупорных глин, потери составили 16 тыс. т. Глины отгружаются более чем 40 предприятиям. На Нехаевском месторождении добыто 48 тыс. т огнеупорных глин, потери составили 3 тыс. т.

ООО «Бускуль» отрабатывает южный фланг Берлинского месторождения на территории Чесменского района. В 2011 г. добыто 332 тыс. т огнеупорных глин, потери — 41 тыс. т.

ММК разрабатывает Берлинское месторождение на территории Казахстана.

2.1.15. Сырьё для строительных материалов

Фундаментом строительной индустрии является природное сырьё для производства строительных материалов. В пределах Челябинской области разведано более 210 месторождений общераспространённых полезных ископаемых, формирующих базу стройиндустрии, из них 4/5 разрабатывается. Это месторождения облицовочного и строительного камня (мрамор, гранит, гранодиорит, серпентинит, порфирит и др.), строительного песка и песчано-гравийных материалов, кирпичных глин и других видов минерального сырья для стройиндустрии.

Наиболее крупными месторождениями со значительными запасами строительного сырья являются (млн м³): строительных песков — Огнёвское (34,2), Кременкульское (12), Тюбукское (8), Степнинское (3,9) и Белоносовское (2,0); облицовочного камня — Коелгинское (20,8), Лемезинское (8,9), Еленинское (5,1) и Еленинское-2 (2,0), Шишимское (4,5), Уфалейское (2,3), Южно-Султаевское (2,2), Лепешковское (2), Пугачёвское (0,9), Травниковское-2 (0,83), Восточно-Варламовское (0,81), Полоцкое

(0,63), Хамитовское(0,6); строительного камня — Полетаевское (243,9), Новосмолинское (72,9), Биянковское (72,5), Аргаяшское (31), Суходольское (17,8), Казанцевское (13,4), Ахтенское (10,6), Митрофановское и Сыростанское (по 10); кирпичных глин — Круглянское и Северо-Круглянское (суммарно 7,8), Супряжское (6,3), Миасское-2 (2,9), Коркинское (2,9) и Тимофеевское (2,3).

Перспективной является Магнитогорская площадь распространения строительных песков (гравийно-песчаных смесей), суммарные запасы и прогнозные ресурсы которых составляют более 55 млн м³ (Кирсинское, Смеловское, Наваринское месторождения).

Продукция горнодобывающих и перерабатывающих предприятий Челябинской области поставляется не только местным предприятиям стройиндустрии, но и в регионы Западной Сибири, Поволжья, Центральной России, ближнего и дальнего зарубежья: строительный песок, щебень, кирпич, облицовочный камень и готовая продукция из него, мраморная крошка и изготовленные из неё микрокальциты и другие виды сырья и продукции.

К наиболее крупным и технически оснащённым предприятиям Челябинской области, добывающим и перерабатывающим минеральное сырьё для строительной индустрии, относятся ЗАО «Коелгамрамор», ЗАО «Кемма», ОАО «Миньярский карьер», ОАО «Первая нерудная компания», ОАО «ММК», ОАО «Магнезит», ОАО «Уралмрамор», ОАО «Миасский завод железобетонных конструкций», ООО «Кременкульские строительные пески», ООО «Регионснабсбыт», ООО «Елена», ООО «Кварц», ООО «РИФ-Микромрамор».

В связи со значительным увеличением объёмов гражданского, промышленного, дорожного и специализированного строительства горнодобывающие предприятия Челябинской области в 2011 г. увеличили на 20 % по отношению к 2010 г. добычу минерального сырья для стройиндустрии.

2.2. Влияние деятельности промышленных предприятий и транспорта на атмосферу

2.2.1. Степень загрязнения атмосферы предприятиями и транспортом

По данным Управления Росприроднадзора по Челябинской области, общее количество субъектов хозяйственной и иной деятельности, осуществляющих выбросы в Челябинской области, — 2 018, из них установлены нормативы предельно допустимых выбросов 1 912 субъектам. На начало 2011 г. в области было 10 предприятий с источниками сверхнормативных выбросов. Показатели выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников представлены в табл. 2.1, а транспорта — в табл. 2.2 [45].

Таблица 2.1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс. т, 2011 г.

Загрязняющие вещества	Выброшено в атмосферу	Уловлено и обезврежено
Всего	693,765	3 888,292
В том числе		
твёрдых веществ	149,731	3 788,036
жидких и газообразных веществ	544,033	100,256
диоксида серы	147,330	73,451
оксида углерода	293,396	22,569
оксидов азота	79,801	0,547
углеводородов (без ЛОС)	10,824	0,583
летучих органических соединений	9,920	1,522
прочих газообразных и жидких веществ	2,763	1,584

Таблица 2.2

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта, 2011 г.

Показатель	Ед. изм.	2011 г.
Количество зарегистрированных автотранспортных средств	шт.	1 022 918
Всего выбросов от автотранспорта по Челябинской области	тыс. т	327,5

Показатель	Ед. изм.	2011 г.
В том числе:		
Челябинск	тыс. т	94,9
Магнитогорск	тыс. т	27,8
Миасс	тыс. т	11,1
Златоуст	тыс. т	8,9
Копейск	тыс. т	7,8

2.2.2. Некоторые нормативные показатели вредных веществ в атмосфере

Устанавливаются два значения норматива показателей вредных веществ в атмосфере: максимальная разовая (в пределах 20–30 мин) и среднесуточная величина ПДК: NO₂ — 0,085 (0,40); SO₃ — 0,30 (0,005); Cl — 0,100 (0,30); сажа — 0,15 (0,05) мг/м³ [22; 36].

ПДК_{р.з} и ПДК_{сс} некоторых веществ в населённых пунктах приведено в табл. 2.3, а гигиенические показатели некоторых металлов и их соединений — в табл. 2.4.

Таблица 2.3

Классы опасности и ПДК вредных веществ в атмосфере населённых пунктов

Класс опасности	Вещество	ПДК _{р.з'} мг/м ³	ПДК _{ссс'} мг/м ³	Класс опасности	Вещество	ПДК _{р.з'} мг/м ³	ПДК _{ссс'} мг/м ³
III	Диоксид серы	0,5	0,05	III	Пропилен	3,0	3,0
II	Сероводород	0,008	–	II	Фенол	0,01	0,003
II	Сероуглерод	0,03	0,005	IV	Оксид углерода	5,0	3,0
II	Диоксид азота	0,085	0,04	III	Капролактан	0,2	0,2
IV	Аммиак	0,2	0,04	III	Ксилол	0,2	0,2
IV	Ацетон	0,35	0,35	I	Бензпирен	–	1,0
II	Бензол	1,5	0,1	III	Винилацетат	0,15	0,15
II	Дихлорэтан	3,0	1,0	II	Сажа	0,15	0,05
IV	Изопропил-бензол	0,014	0,014	III	Толуол	0,0	0,6

**Гигиеническое нормирование
некоторых тяжёлых металлов в воздухе**

Элемент	Вещество	ПДК _{р,з} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³
Свинец	Неорганические соединения	0,01	0,03
	Сульфид	0,01	0,0003
	Свинцово-оловянные припои	0,01	0,017
Медь	Оксид	1,0	–
	Сульфат	–	0,002
	Сульфид	0,5	0,001
	Хлорид	–	0,001
	Медно-никелевая руда	0,5	0,001
Кадмий	Кадмий и его неорганические соединения	4,0	–
		0,1	–
Олово	Оксид	0,1	0,01
	Хлорид	0,05	0,01
Ртуть	Металлические соли	0,01	0,0003
		0,2	0,0003
Цинк	Оксид	0,5	–
	Сульфат	5,0	–

Значения ПДВ продуктов сгорания рассчитывают в зависимости от нагретого и холодного воздуха, а также от количества источников по специальным формулам [22; 50]. Методика расчёта ПДК приведена в СНИП, утверждённых Госстроем РФ. При расчёте учитывают фоновые концентрации вредных веществ в воздухе C_{ϕ} и концентрации вредных веществ от остальных источников загрязнения C , сумма которых должна быть меньше или равна ПДК, т. е. $C + C_{\phi} < \text{ПДК}$.

При совместном присутствии в воздухе нескольких веществ со своими значениями ПДК с концентрацией C_i (1, 2, 3, ..., n) их суммарная концентрация должна удовлетворять приведённому условию:

$$C_1 : \text{ПДК}_1 + C_2 : \text{ПДК}_2 + C_3 : \text{ПДК}_3 \dots = C_n : \text{ПДК}_n \leq 1, \quad (2.1)$$

где C_1, C_2, C_3, C_n — фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \text{ПДК}_n$ — предельно допустимые концентрации тех же вредных веществ в атмосферном воздухе. В зависимости от величины ПДК все нормированные вещества (ГОСТ 12.1.007-76 с изменением № 1 от 01.01.82 г.) разделены на классы опасности, показатели которых приведены в табл. 2.5 [1].

Характеристика классов опасности веществ

Класс опасности	Степень опасности	Величина ПДК, мг/м ³
I	Чрезвычайно опасные вещества	≤0,1
II	Высокоопасные вещества	0,1–1,0
III	Умеренно опасные вещества	1,0–10,0
IV	Малоопасные вещества	>10,0
V	Неопасные вещества	–

В табл. 2.6 приведены критические уровни некоторых загрязнителей, влияющих на качество различной растительности.

Таблица 2.6

Критические уровни загрязнения воздуха для растительности наземных экосистем, мг/м³

Соединение	Экологическая ситуация			Время воздействия
	удовлетворительная	кризисная	катастрофическая	
Диоксид серы	<20	100–200	>200	Среднегодовое
Диоксид азота	<30	200–300	>300	Среднегодовое
Фтористый водород	<3	10–20	>20	Долговременное

2.2.3. Оценка качества атмосферного воздуха по территории Челябинской области

Лабораторно-инструментальный контроль качества атмосферного воздуха в области проводился аккредитованным испытательным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» и его филиалами (ФБУЗ), ФГБУ «Челябинский ЦГМС», лабораториями крупных промышленных предприятий [45].

Всего было выполнено 36 488 исследований атмосферного воздуха, в том числе 32 291 исследование проведено на маршрутных и подфакельных постах городских поселений, 1 686 в районе напряжённых автомагистралей, 2 511 на стационарном посту в г. Челябинске и 9 374 на территории сельских поселений по 20 загрязняющим веществам.

На автомагистралях области отобрано 1 686 проб, из них с превышением ПДК — 6,9 %. В 2010 г. отобрано 679 проб, из них с превышением ПДК — 7,5 %.

Всего проб атмосферного воздуха с превышением ПДК в 5 и более раз зарегистрировано 33, по содержанию взвешенных веществ — 5; гидроксibenзола и его производных — 7; бензпирена — 4; толуола — 3; ксилола — 8; свинца — 1; прочих — 5 [45].

Лабораторный контроль состояния атмосферного воздуха проводился на 27 административных территориях городов и в восьми районах области.

По данным анализа, превышение ПДК в 5 и более раз отмечалось в следующих населённых пунктах: в Челябинске (19 проб), Магнитогорске (5 проб), в Аше (5 проб), в Кыштыме (4 пробы).

2.2.4. Государственная и территориальная сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, включая радиационный мониторинг

Государственная сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Челябинской области в 2011 г. функционировала в трёх наиболее крупных промышленных городах области: Челябинске, Магнитогорске, Златоусте. Регулярные наблюдения (3–4 раза в сутки) на основные и специфические загрязняющие вещества проводились на 15 стационарных постах (Челябинск — 8 постов, Магнитогорск — 5 постов, Златоуст — 2 поста). По областному заказу проводились работы по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха на 9 маршрутных постах в городах: Карабаш (3 поста), Сатка (3 поста), Верхний Уфалей (3 поста) [45].

Оценка качества атмосферного воздуха проведена с учётом принятых Минздравом стандартов ПДК в воздухе с использованием комплексного показателя — индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), по которому установлены 4 категории качества воздуха: низкий, повышенный, высокий и очень высокий.

В Челябинске по проведённой оценке в 2011 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха, как и в 2010 г., относился к градации «высокий». ИЗА составил 11,3 (в 2010 г. — 11,0, то есть «высокий»).

Оценка качества атмосферного воздуха Магнитогорска показала, что уровень загрязнения атмосферы в 2011 г. повысился в сравнении с 2010 г.: ИЗА составил 21,0 (в 2010 г. 15,6), оценка «очень высокий» уровень.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха Златоуста в 2011 г. несколько снизился в сравнении с 2010 г.: ИЗА составил в 2011 г. 10,7 (в 2010 г. 11,1). Оба значения соответствуют градации «высокий уровень загрязнения атмосферы».

ЗАО «Карабашмедь» является основным источником загрязнения территории Карабаша вредными химическими веществами. Уровень загрязнения атмосферного воздуха за период наблюдения в 2011 г. снизился в сравнении с 2008 г. (ИЗА = 8,4), но по-прежнему в среднем по городу соответствовал градации «высокий» (6,6).

В Сатке также осуществлялись работы по наблюдению за качеством атмосферного воздуха в июне–ноябре 2011 г. на трёх маршрутных постах, организованных в различных частях города. ИЗА в целом по городу составил 6,0, что соответствует градации «повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха».

Основной целью радиационного мониторинга атмосферного воздуха является получение регулярной оперативной информации о радиационной обстановке на территории области. Посты радиометрического контроля расположены с учётом источников радиоактивного загрязнения окружающей среды:

- вокруг радиационно опасных объектов (ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ», ПХРО Челябинского отделения филиала «Уральский территориальный округ ФГУП «РосРАО») на расстоянии до 30 км;
- на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа;
- в наиболее крупных городах с большим количеством жителей (Челябинск, Златоуст, Магнитогорск, Троицк);
- на территориях за пределами зоны непосредственного влияния радиационно опасных объектов (Фоновый мониторинг).

В течение 2011 г. были зафиксированы 2 случая высокого радиоактивного загрязнения аэрозолей атмосферного воздуха по критериям Росгидромета, когда суточная суммарная бета-активность в пос. Аргаяш (27–28 июня) и Къштыме (16–17 июня)

превышала фоновый уровень за предыдущий месяц в 5 и более раз.

2.3. Состояние с утилизацией и обезвреживанием отходов производства и потребления

2.3.1. Анализ движения отходов производства и потребления

По данным Управления Росприроднадзора по Челябинской области за 2011 г., на территории области образовалось 94,039 млн т отходов, использовано на собственном предприятии — 32,01 млн т, передано другим организациям для использования, хранения, захоронения 4,06 млн т, размещено на собственных объектах 64,17 млн т. Накоплено отходов на конец 2011 г. 3 218,48 тыс. т. Данные по составу предприятий и обращению отходов приведены в табл. 2.7 и 2.8 [45].

Таблица 2.7

Количество субъектов, предприятия которых образуют отходы производств, 2011 г.

Субъекты	Количество
Все субъекты хозяйственной и иной деятельности, в которых образуются отходы	26 100
Субъекты хозяйственной и иной деятельности, для которых установлены нормативы образования и лимиты размещения отходов	8 098*
Субъекты хозяйственной и иной деятельности, которые не превысили годовые нормативы образования отходов	7 943

* В том числе 1 400 субъектов малого и среднего предпринимательства.

Таблица 2.8

Образование отходов и обращения с ними в 2011 г., млн т

Показатель	Всего	Класс опасности				
		I	II	III	IV	V
Объём образованных отходов производства и потребления	94,039	0,0001	0,008	2,5	13,8	72,0
Использованные и обезвреженные отходы	32,001	0,00006	0,006	2,4	12,8	17,0
Захороненные отходы	0,1	0	0	0,01	0,04	0,05
Переданные на хранение отходы	0,5	0,00004	0,002	0,09	0,2	0,2

По оценочным данным, на начало 2010 г. на территории Челябинской области накоплено свыше 3,08 млрд т отходов производства и потребления. В области ежегодно образуется от 70 до 90 млн т отходов. Данные об образовании, использовании, обезвреживании, размещении отходов за 2004–2009 гг. приведены в табл. 2.9 [45].

Таблица 2.9

Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, размещении отходов в Челябинской области по данным государственной статистической отчётности за 2004–2009 гг.

Отчётный год	Количество предприятий	Количество образованных предприятием отходов, млн т	Использовано, обезврежено, %	Размещено отходов, млн т	Наличие отходов, млн т
2004	288	93,4	49,7	105,6	4 162,9
2005	372	108,9	55,0	70,9	4 381,4
2006	336	70,3	30,9	48,5	707,9
2007	479	93,7	46,0	52,4	1 377,9
2008	340	89,2	39,1	52,6	538,5
2009	516	69,9	25,6	57,0	3 080,9

2.3.2. Характеристика полигонов и хранилищ отходов на территории Челябинской области

По данным органов местного самоуправления, по состоянию на 01.01.2012 г. общее количество действующих мест размещения твёрдых коммунальных отходов (ТКО) на территории области составило 602. Количество действующих санкционированных мест размещения ТКО — 437, в том числе в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологического законодательства размещаются коммунальные отходы на шести полигонах (Озёрский, Снежинский, Трёхгорный, Локомотивный, Карабашский, Южноуральский городские округа), трёх свалках (в Магнитогорске и Троицке и в Пластовском городском поселении) и на первой очереди полигона г. Сатки. В 2011 г. количество мест размещения промышленных отходов снизилось на 3 единицы по сравнению с 2010 г. [45].

По состоянию на 01.01.2012 г. общая площадь земель, занятых промышленными отходами, составляет 10 197,4083 га, что на 113,2173 га меньше аналогичного показателя 2011 г.

2.3.3. Утилизация и обезвреживание токсичных отходов

В настоящее время в лечебно-профилактических учреждениях области функционируют 27 СВЧ-установок и 25 автоклавов, 3 установки по обеззараживанию и переработке отходов, а именно: «NEWSTER-10» на территории ГБУЗ «Областная детская больница» в г. Челябинске; «Стеримед 1» в ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии»; «Конвертер Н-10» в ГБУЗ «Челябинский областной противотуберкулёзный диспансер».

Всего в 2011 г. в ЛПУ области было образовано 17 407,200 т медицинских отходов, в том числе класса А — 14 449,500 т; Б — 2 620,330 т; В — 284,970 т; Г — 44,350 т; Д — 8,050 т.

По данным Управления Роспотребнадзора по Челябинской области, хранение пестицидов и агрохимикатов осуществлялось на 83 складах, из которых 29 имеют санитарно-эпидемиологическое заключение, организованную санитарно-защитную зону имеют 37 складов. На 81 складе области хранилось 314,875 т пестицидов и агрохимикатов, пришедших в негодность. В ноябре 2011 г. из ООО АФ «Шумек» Красноар-мейского района вывезено на утилизацию 400 кг просроченных средств защиты растений.

По итогам инвентаризации, проведённой в 2009 г. Министерством сельского хозяйства Челябинской области, на территории области по состоянию на 01.01.2010 г. установлено 41 хранение, вмещающее 331,7 т пришедших в негодность и(или) запрещённых к применению пестицидов и агрохимикатов, из них 22 хранения, содержащие 114,8 т препаратов, являются бесхозными. В 6 бесхозных хранениях, вмещающих 82,12 т, пестициды хранятся россыпью в частично и(или) полностью разрушенных складах.

Сбором, транспортировкой и утилизацией ртутьсодержащих отходов, включая отработанные энергосберегающие лампы, занимаются ООО «Мериз», ГУ Челябинской области «Щит», ООО

«ВОИР», ЗАО ЭП «Экорес», ИП Мальцева Т. Н., ООО «Лайт-Инвест», ООО «Электрик», ООО «ЭКОПРО» и др.

2.4. Состояние и использование водных ресурсов Челябинской области

2.4.1. Водно-ресурсный потенциал области

Челябинская область расположена на водоразделе трёх бассейнов р. Волги, Урала, Тобола, которые и являются основными источниками водоснабжения всех отраслей народного хозяйства и населения Южного Урала. Водные ресурсы отличаются значительной неравномерностью распределения как по сезонам года (основная часть стока приходится на период весеннего половодья — 70–80 %), так и по территории. Реки в большинстве маловодны.

Из протекающих по территории области 3 602 рек 90 % относятся к очень малым (длиной менее 10 км). Рек длиной более 10 км насчитывается 348, и только 17 рек имеют протяжённость свыше 100 км. Для водоснабжения населения и промышленности области используются 31 водохранилище, суммарная ёмкость которых при нормальном наполнении 2,9 км³, полезная — 2,2 км³, 11 рек и озёр. Контроль за режимом эксплуатации осуществляется на 31 водохранилище, из которых 11 — многолетнего и 20 — сезонного регулирования. Водоохранилищ объёмом более 100 млн м³ — 6 шт. Это Аргазинское и Шершнёвское на р. Миасс, Верхнеуральское и Магнитогорское на р. Урал, Долгобродское и Нязепетровское — на р. Уфе. Самое большое из них Аргазинское водохранилище, которое работает в каскаде с Шершнёвским водохранилищем — единственным источником питьевого водоснабжения Челябинска [45].

Основные характеристики водохранилищ области отражены в табл. 2.10.

Для покрытия дефицита воды и гарантированного водообеспечения Челябинского промузла в настоящее время осуществляется строительство трассы по межбассейновой переброске речного стока из р. Уфы в р. Миасс для водоснабжения города Челябинска. Тракт указанной водоподачи на участке Кыш-

Таблица 2.10

Сведения о водохранилищах по состоянию на 15.04.2011 г.

Город	Водохранилище	Наполнение при НПУ		Наполнение		Сброс, м ³ /с
		уровень, м	полный объём, млн/м ³	уро- вень, м	объём, млн/м ³	
Челябинск	Аргазинское	274,50	966,0	269,83	488,0	3,0
	Шершнёвское	224,50	157,0	223,26	116,0	4,0
Магнитогорск	Верхнеуральское	382,00	601,0	379,84	453,0	2,0
	Магнитогорское	351,00	174,0	359,87	171,0	6,0
Южноуральск	Южноуральское	201,00	71,6	200,38	60,7	5,0
Троицк	Троицкое	161,00	45,0	159,60	31,9	20,0

тым—Аргазии в обход оз. Увильды включён в федеральную целевую программу «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 гг.», утверждённую Постановлением Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350. Показатели водопотребления и водоотведения приведены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Показатели водопотребления и водоотведения в области

Параметр	Ед. изм.	2011 г.
Водоотведение в поверхностные водоёмы, всего	млн м ³	856,01
в том числе		
нормативно-чистые	млн м ³	7,18
нормативно-очищенные	млн м ³	0,73
загрязнённые сточные воды	млн м ³	848,10
в том числе	млн м ³	172,11
без очистки		
недосаточно очищенные	млн м ³	675,99
Сброшено загрязняющих веществ в водные объекты	тыс. т	382,38
Использовано воды, всего	млн м ³	621,13
Объём оборотной и повторно используемой воды	млн м ³	9 271,01
Объём бытового водопотребления	млн м ³	240,94

2.4.2. Водопотребление. Питьевое водоснабжение

По данным Управления Роспотребнадзора по Челябинской области, состояние водных объектов в местах водопользования населения, используемых в качестве питьевого водоснабжения (I категория) и для рекреации (II категория), продолжает оставаться в санитарно-эпидемиологическом отношении неудовлетворительным. В 2011 г. по сравнению с 2010 г. состояние водных объектов, используемых в качестве питьевого водоснабжения (I категория), ухудшилось на 3,6 % по микробиологическим показателям, на 0,4 % — по санитарно-химическим показателям [45].

Состояние водных объектов для рекреации (II категория) по санитарно-химическим показателям ухудшилось на 0,8 %, по микробиологическим показателям — на 1,7 %. Состояние водных объектов I и II категории по области в сравнении с Российской Федерацией представлено в табл. 2.12 и 2.13.

Таблица 2.12

Доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, водных объектов I категории

Регион	Санитарно-химические показатели			Динамика	Микробиологические показатели			Динамика
	2009 г.	2010 г.	2011 г.		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
Российская Федерация	21,9	23,3	–	–	17,8	18,2	–	–
УрФО	38,9	35,5	–	–	8,7	8,2	–	–
Челябинская область	25,4	22,2	22,6	+	6,6	5,9	9,5	+

В 2011 г. доля проб воды водных объектов I категории неудовлетворительных по санитарно-химическим показателям составила 22,7% (22,2% в 2010 г.), по микробиологическим показателям они зарегистрированы на уровне 9,5 % (5,9 % в 2010 г.). Состояние водных объектов II категории по санитарно-химическим показателям ухудшилось — 31,2 % (30,4 % в 2010 г.), по микробиологическим показателям доля неудовлетворительных проб составила 13,7 % (12 % в 2010 г.) (табл. 2.14).

Таблица 2.13

Доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, водных объектов II категории

Регион	Санитарно-химические показатели			Динамика	Микробиологические показатели			Динамика
	2009 г.	2010 г.	2011 г.		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
Российская Федерация	24,1	26,5	–	–	23,4	25,9	–	–
УрФО	35,5	39,6	–	–	16,0	18,8	–	–
Челябинская область	39,1	30,4	31,2	+	10,3	12,0	13,7	+

Таблица 2.14

Доля проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам, водоёмов I и II категории, %

Категория водоёмов	Санитарно-химические показатели			Микробиологические показатели		
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
I	25,4	22,2	22,6	6,6	5,9	9,5
II	30,1	30,4	31,2	10,3	12,0	13,7

Основной причиной создавшегося положения с загрязнением воды водных объектов являются сточные воды, сбрасываемые в аномально дождливый период в 2011 г.

2.4.3. Состояние с обеспечением питьевой водой населения области

В 2011 г. по сравнению с 2010 г. ситуация с состоянием подземных и поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения (ИПВ) и качеством воды в местах водозабора существенно не изменилась. В области находится 1 256 источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, в том числе 26 открытых водоёмов. 1 230 ИПВ (97,9 %) являются подземными, они обеспечивают 42,3 % населения области. На 6,5 % водоисточников зона строгого режима не организована в соответствии с надлежащими требованиями (2010 г.— 6,4 %) [45].

В области не соответствовало санитарным правилам и нормативам 7,6 % подземных и поверхностных ИПВ (в 2010 г.— 8,3 %), их количество приведено в табл. 2.15 и 2.16, а количество источников, не соответствующих требованиям санитарных норм,— в табл. 2.17.

Таблица 2.15

**Состояние подземных источников
централизованного питьевого водоснабжения
и качество воды в месте водозабора**

Регион	Параметр	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Динамика к 2010 г.
Челябинская область	Количество источников, ед. из них не отвечает СанПиН, % В т. ч. из-за отсутствия зон санитарной охраны, %	1 223,0 9,2 7,0	1 228,0 8,2 6,4	1 230,0 7,6 6,6	↑ ↑ ↑
Российская Федерация	Доля источников, не отвечающих СанПиН, % В т. ч. из-за отсутствия зон санитарной охраны, %	16,9 13,5	16,4 12,9	— —	— —
Челябинская область	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по санитарно-химическим показателям, %	31,6	31,5	28,7	↓
Российская Федерация	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по санитарно-химическим показателям, %	29,0	30,0	—	—
Челябинская область	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, % В т. ч. с выделением возбудителей инфекционных заболеваний, %	5,0 0	5,5 0	7,2 0	↓
Российская Федерация	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, % В т. ч. с выделением возбудителей инфекционных заболеваний, %	4,1 0	4,2 0	—	—

В 2011 г. из 1 256 источников на 82 источниках (6,5 %) не были организованы зоны санитарной охраны (в 2010 г. из 1 255 источников на 80).

**Состояние поверхностных источников
централизованного питьевого водоснабжения
и качество воды в месте водозабора**

Регион	Параметр	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Динамика к 2010 г.
Челябинская область	Количество источников, ед.	28	27	26	↓
	Из них не отвечает СанПиН, ед.	2	3	2	↓
	В т. ч. из-за отсутствия зон санитарной охраны, ед.	1	1	1	—
Российская Федерация	Доля источников, не отвечающих СанПиН, %	37,0	36,8	—	—
	В т. ч. из-за отсутствия зон санитарной охраны, %	32,8	32,4	—	—
Челябинская область	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по санитарно-химическим показателям, %	32,1	31,9	26,8	↓
Российская Федерация	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по санитарно-химическим показателям, %	21,2	21,2	—	—
Челябинская область	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, %	7,2	7,9	7,7	↓
	В т. ч. с выделением возбудителей инфекционных заболеваний, %	0	0	0	—
Российская Федерация	Доля источников, не соответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, %	16,2	16,9	—	—
	В т. ч. с выделением возбудителей инфекционных заболеваний, %	0,1	0,9	—	—

Подземные водоисточники, в основном, сельских населённых пунктов, не имеют разработанных и утверждённых проектов зон санитарной охраны источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водопроводов. Всего по области имеют утверждённые проекты ЗСО 104 подземных источника из 1 230.

Доля проб воды из источников централизованного водоснабжения, не отвечающих санитарным требованиям по микробиологическим показателям, увеличилась и составила в 2011 г. 7,2 % (2010 г.—5,8 %). Качество воды водоисточников по сани-

тарно-химическим показателям сохраняется на высоком неудовлетворительном уровне (табл. 2.17).

Таблица 2.17

Динамика изменения качественных показателей воды источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в области (% нестандартных проб), 2009–2011 гг.

Показатель	2009 г.			2010 г.			2011 г.
	Челябинская область	УрФО	РФ	Челябинская область	УрФО	РФ	Челябинская область
Санитарно-химический	31,6	45,2	28,0	31,5	42,8	28,9	28,5
Микробиологический	5,3	3,1	5,6	5,8	3,7	5,9	7,2

Доля нестандартных проб воды из источников централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям за отчётный период составила 28,5 %. Допустимые уровни превышены по цветности, мутности, жёсткости, нитратам, аммиаку; превышают показатели ПДК железа и марганца.

В 2011 г. обеспечено питьевой водой, отвечающей требованиям санитарного законодательства, 703 населённых пункта из 1 116 имеющихся (63 %) с населением 3 084 700 чел. (2010 г.— 804 населённых пункта с населением 3 112 397 чел.).

Удельный вес населённых пунктов, обеспеченных «доброкачественной питьевой водой», составил 31,2 % от общего числа населённых пунктов (2010 г.— 45,39 %, 2009 г.— 41,54 %), «условно доброкачественной питьевой водой» обеспечены 31,81 % населённых пунктов (2010 г.— 26,59 %, 2009 г.— 21,75 %) (табл. 2.18).

Среди населённых пунктов, обеспеченных централизованным водоснабжением, доля обеспеченных питьевой водой, отвечающей требованиям санитарного законодательства, составляет 78,19 % (2010 г.— 80,53 %, 2009 г.— 74,9%), обеспеченных только нецентрализованным водоснабжением — 32,84 % (2010 г.— 52,2 %, 2009 г.— 35,63 %), обеспеченных привозной питьевой водой — 15,38 % (2010 г.— 84,62 %, 2009 г.— 81,82 %).

**Количество и удельный вес населённых пунктов,
обеспеченных «доброкачественной питьевой водой»
и «условно доброкачественной питьевой водой»**

Параметр	2009 г.		2010 г.		2011 г.	
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Обеспеченные питьевой водой, отвечающей санитарным требованиям	707	63,29	804	71,98	703	63,00
В т. ч. городские поселения	53	92,98	55	96,49	49	94,23
сельские населённые пункты	654	61,70	749	70,66	654	61,67
Обеспеченные «доброкачественной питьевой водой»	464	41,54	507	45,39	348	31,20
В т. ч. городские поселения	20	35,09	20	35,10	12	23,08
сельские населённые пункты	444	41,89	487	45,94	336	31,58
Обеспеченные «условно доброкачественной питьевой водой»	243	21,75	297	26,59	355	31,81
В т. ч. городские поселения	33	57,89	35	61,40	37	71,15
сельские населённые пункты	210	19,81	362	24,72	318	29,89
Обеспеченные «недоброкачественной питьевой водой»	82	7,34	47	4,21	37	3,32
В т. ч. городские поселения	2	3,51	1	1,75	2	3,85
сельские населённые пункты	80	7,55	46	4,34	35	3,29
Вода не исследовалась	328	29,36	266	23,81	376	33,69
В т. ч. городские поселения	2	3,51	1	1,75	1	1,92
сельские населённые пункты	326	30,75	265	25,0	375	35,24

Доля населения, проживающего в населённых пунктах, обеспеченного питьевой водой, отвечающей требованиям санитарного законодательства, в 2011 г. составила **94,53 %** (2010 г. — **94,4 %**, 2009 г. — **90,12%**), в том числе в сельской местности **78,25 %** (2010 г. — **71,62 %**, 2009 г. — **67,56 %**).

Удельный вес населения, потребляющего «доброкачественную» и «условно доброкачественную» питьевую воду из централизованных систем водоснабжения, составил в 2011 г. **95,55 %** (2010 г. — **95,69 %**, 2009 г. — **91,35 %**), потребляющего питьевую воду из нецентрализованных источников, — **45,44 %** (2010 г. — **58,48 %**, 2009 г. — **49,53 %**), потребляющего привозную воду, — **26,55 %** (2010 г. — **92,19 %**, 2009 г. — **74,17 %**).

Наибольший удельный вес населённых пунктов, обеспеченных питьевой водой, не отвечающей требованиям санитарного

законодательства, в Еткульском (12 из 38), Увельском (8 из 39) и Пластовском (4 из 17) районах.

В 2011 г. питьевую воду централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, не отвечающую гигиеническим нормативам, потребляли 87 тыс. чел. (2,7 % населения области). 26 сельских поселений с населением 7 451 чел. обеспечиваются привозной водой. Основными причинами нестабильного качества воды источников питьевого водоснабжения и питьевой воды в 2011 г. явились:

- продолжающееся антропогенное загрязнение поверхностных и подземных вод;
- факторы природного характера (повышенное содержание в воде водоносных горизонтов соединений железа и марганца);
- неудовлетворительное санитарно-техническое состояние водопроводных сетей и водоочистных сооружений;
- отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны водисточников и водопроводов;
- отсутствие специализированных служб по эксплуатации водопроводных сооружений в сельских районах.

2.4.4. Водоотведение и состояние очистных сооружений Челябинской области

Управлением Роспотребнадзора области в 2011 г. выдано 37 санитарно-эпидемиологических заключений (СЭЗ) по проектам нормативов допустимого сброса вредных веществ и микроорганизмов в поверхностные водоёмы, из них 1 СЭЗ — о несоответствии санитарным правилам (2010 г. выдано 40 СЭЗ, из них 1 — о несоответствии). За 2011 г. в области выдано 5 СЭЗ на земельные участки под строительство очистных сооружений канализации (ОСК), в том числе 1 — о несоответствии санитарным правилам [45].

Общая мощность ОСК по очистке хозяйственно-бытовых стоков составляет 1 546,4 тыс. м³, при фактической нагрузке 1 355,04 тыс. м³. Из 73 ОСК по очистке хозяйственно-бытовых стоков 11 обеспечивают нормативную очистку сточных вод перед сбросом в поверхностные водоёмы. Основными причинами ненормативной очистки стоков являются неудовлетворительное

техническое состояние и устаревшие технологии: ООО «Вега» (пос. Красногорский, Еманжелинский район); ООО «Коелга-Сервис» (Еткульский район); ООО «Водоотведение» г. Южно-уральска; ОСК пос. Тимирязевский; ОСК МУП «Бобровского сельского поселения»; ОСК пос. Кременкуль.

Основной метод обеззараживания сточных вод, применяемый на очистных сооружениях,— хлорирование, на 2 объектах обеззараживание проводится ультрафиолетовым облучением.

В области из 73 ОСК по очистке хозяйственно-бытовых стоков по санитарно-гигиенической характеристике к 1-й группе относятся 11 объектов, ко 2-й — 49, к 3-й — 13.

2.5. Факторы, влияющие на состояние земель сельскохозяйственного назначения

2.5.1. Влияние климата на состояние земель сельскохозяйственного назначения

Территория Челябинской области подразделяется на четыре природно-климатические зоны: увлажнённую горно-лесную, умеренно увлажнённую северную лесостепь, полузасушливую южную лесостепь и острозасушливую степь [31; 45].

Первый агроклиматический район занимает горную часть области и может быть охарактеризован как умеренно прохладный. Сумма эффективных температур колеблется от 1 500 до 1 800 °С, а на вершинах горных хребтов не превышают 1 100 °С. Переход среднесуточных температур через +10 °С происходит во второй декаде мая. Длительность периода активной вегетации с температурой выше +10 °С составляет 100...120 дней, а с температурой выше +15 °С — 50...70 дней. Безморозный период — 100...110 дней. В течение года выпадает в среднем 450...700 мм осадков. На тёплый период приходится 275...400 мм. Условия увлажнения за вегетацию колеблются от достаточно влажных до избыточно увлажнённых.

Северная лесостепная зона характеризуется как умеренно тёплая. Сумма эффективных температур составляет здесь в среднем 1 800...2 000 °С. Переход среднесуточной температуры воздуха через +10 °С обычно происходит: весной — 9...11 мая,

осенью — 12...15 сентября. Продолжительность периода с температурой выше +10 °С составляет 125–130 дней, с температурой выше +15 °С — 60...80 дней. Безморозный период длится 100...120 дней. За год выпадает до 350...400 мм осадков, ближе к горам количество их возрастает до 550 мм. На период с температурой выше +10 °С приходится 200...250 мм осадков. По степени увлажнения за вегетацию условия варьируют от недостаточно влажных до влажных.

Южная лесостепная зона по термическим условиям характеризуется как тёплая. Сумма среднесуточных температур воздуха выше +10 °С составляет 2 000...2 200 °С. Переход через +10 °С происходит в середине первой декады мая. Продолжительность периода с температурой выше +10 °С составляет в среднем 130–135 дней, а с температурой выше +15 °С — 80–90 дней. Длительность безморозного периода — 110–120 дней. В течение года выпадает 300...400 мм осадков, в том числе за период вегетации — 200...250 мм. Условия увлажнения изменяются от засушливых до достаточно влажных.

Степная острозасушливая зона является наиболее тёплой в области. Сумма эффективных температур превышает 2 200 °С. Переход через +10 °С происходит в начале первой декады мая. Период со среднесуточной температурой выше +10 °С длится 135 дней, а с температурой выше +15 °С — 95 дней. Продолжительность безморозного периода составляет 115 дней. За год выпадает 250...300 мм осадков. На период активной вегетации приходится 150...175 мм. По степени увлажнения условия варьируют от острозасушливых до достаточно влажных.

По характеру увлажнения Челябинская область в целом относится к регионам с достаточным, но неравномерным увлажнением. Основным источником водоснабжения растений в течение всего вегетационного периода здесь является влага, накопленная в почве к весне. В наиболее урожайные годы к началу полевых работ в лесостепной зоне накапливаются оптимальные запасы почвенной влаги (160...180 мм), тогда как в степной зоне они составляют 100...130 мм. В засушливые годы в степной зоне метровый слой почвы содержит 70...90 мм, а в лесостепной — 100...120 мм.

Почвенные засухи в сочетании с атмосферными являются самыми неблагоприятными агрометеорологическими явлениями на территории нашей области. В степной зоне слабые засухи отмечаются ежегодно, умеренные — в семи, а сильной интенсивности — в четырёх годах из десяти. В лесостепной зоне условия значительно мягче, здесь лишь каждый второй год будет в той или иной степени засушливым.

В горно-лесной зоне наибольшую опасность представляет переувлажнение почвы летними и особенно осенними дождями, отрицательно влияющими на формирование урожая культур. Территория Челябинской области неоднородна по геоморфологическому строению поверхности: преобладают равнинные пространства с высотой над уровнем моря от 200 до 400 м (70 % площади); 23 % территории занимают горы и плоскогорья; изменённые ландшафты с высотой над уровнем моря менее 200 м составляют около 7 % территории.

2.5.2. Структура основных групп почв агроклиматических зон области

Самым важным свойством почвы является её плодородие — способность обеспечить высокий урожай растений [31]. Почва сохраняет плодородие до тех пор, пока содержит многочисленные живые организмы, участвующие в сложных процессах гумификации, т. е. образования гумуса. От количества и состава гумуса в почвах зависит их плодородие, так как в гумусе происходят сложные обменные процессы, в результате которых образуются элементы питания растений.

Плодородие почв в некоторой степени зависит и от их физических свойств (размера частиц, влагоёмкости, влагосодержания, содержания в них частиц песка, супеси, суглинка, глины и насыщенности почв воздухом). Химические свойства почв зависят от содержания в них минеральных веществ в виде растворимых ионов, а также от концентрации в них ионов водорода, т. е. значение рН должно быть близко к нейтральному. Известковые и засоленные почвы имеют рН 8–9, а торфяные — 4. Структура почв Челябинской области по агроклиматическим зонам приведена в табл. 2.19 [21; 31].

**Структура земель Челябинской области
по агроклиматическим зонам, тыс. га**

Группа почв	Всего	В том числе		Пашни по зонам			
		С/х удобья	Пашни	Горно- лесная зона	Север- ная ле- состепь	Южная лесо- степь	Степная зона
Серые лесные	400,6	226,9	166,7	–	160,0	3,7	3,0
Чернозёмы выщелоченные	1 713,6	1 429,4	1 094,5	–	380,9	429,7	284,0
Чернозёмы обыкновенные	1 419,3	1 335,3	1 033,2	–	79,7	383,6	569,9
Чернозёмы южные	138,0	137,8	112,2	–	–	–	112,2
Неполноразви- тые чернозёмы	283,8	223,2	45,5	4,8	8,7	18,5	14,4
Солонцы	542,9	477,4	243,8	–	28,1	43,0	172,7
Горные серые лесные почвы	136,5	88,5	54,3	54,3	–	–	–
Горные чёрные земли	19,6	15,0	12,1	12,1	–	–	–
Прочие земли	4 198,4	1 034,3	320,4	13,8	78,0	43,1	185,5
Всего по области	8 852,9	5 008,3	3 082,7	84,0	735,4	921,6	1 331,7

Основными почвами горно-лесной зоны являются горные серые лесные почвы (68 % пашни), горные чернозёмы (16 %) и неполноразвитые чернозёмы (5 %). В северной лесостепной зоне преобладают выщелоченные чернозёмы (53 % пашни), серые лесные почвы (23 %) и обыкновенные чернозёмы (11 %). Для южной лесостепной зоны характерны чернозёмы выщелоченные (47 % пашни) и обыкновенные (42 %). Преобладающими почвами южной степной зоны являются обыкновенные чернозёмы (45 % пашни), выщелоченные чернозёмы (22 %) и южные чернозёмы (9 %). Чернозёмные почвы являются наиболее плодородными пахотными почвами области, способными обеспечить высокий урожай культур.

Чернозёмы выщелоченные относятся к лучшим пахотным почвам, распространены повсеместно на хорошо дренированных участках. По содержанию гумуса подразделяются на малогумусные (менее 6 %), среднегумусные (6–9 %) и тучные (более

9 %). По мощности гумусовых горизонтов представлены очень маломощными (менее 25 см), маломощными (25–40 см) и среднечемощными (41–60 см). Почвы характеризуются высокой насыщенностью основаниями, значительным содержанием обменного калия, но малыми запасами подвижного фосфора.

Чернозёмы обыкновенные занимают относительно спокойные элементы рельефа, формируются на карбонатных породах, характеризуются наличием карбонатных включений в нижней части гумусового горизонта, а почвы карбонатного рода — по всему профилю. Это приводит к некоторой слабой подвижности питательных веществ. В то же время богатые карбонатами почвы менее устойчивы к ветровой эрозии.

Менее распространены чернозёмы с укороченной мощностью гумусовых горизонтов (20–25 см) и среднечемощные чернозёмы (от 40 до 60 см). Особенностью солонцеватого рода обыкновенных чернозёмов является повышенное (от 5 до 20 %) содержание поглощённого натрия в составе обменных оснований, чем обусловлены неблагоприятные физико-химические свойства этих почв.

Чернозёмы южные сосредоточены в основном в Брединском районе (IV зона). Они характеризуются слабой интенсивностью гумусонакопления (среднее содержание гумуса 4–5 %), малой мощностью гумусовых горизонтов, повышенной карбонатностью, частью солонцеваты. Подвержены ветровой эрозии. Горные чернозёмы встречаются в I зоне среди горных лесных почв. Эти почвы выщелоченного и оподзоленного подтипов. Занимают плоские участки плато, склоны южных экспозиций. Водный режим периодически промывной. Специфическими их особенностями по сравнению с равнинными аналогами являются высокая гумусность, достигающая 15 %, развитость гумусовых горизонтов (до 50–60 см), довольно высокая насыщенность основаниями, слабо- или среднекислая реакция почвенного раствора, хорошая обеспеченность подвижными питательными элементами. Подвижность фосфорных соединений, как и у чернозёмов других зон, невелика. По условиям залегания могут быть подвержены водной эрозии.

Серые лесные почвы распространены повсеместно. Формируются в условиях периодически промывного водного режима,

почвообразовательный процесс характеризуется выносом гумуса и коллоидов из верхних горизонтов. В зависимости от степени гуммутированности подразделяются на светло-серые (содержание гумуса менее 3 %), серые (3–5 %) и тёмно-серые (свыше 5 %). Имеют кислую реакцию почвенной среды, малую обеспеченность питательными веществами, неблагоприятные водно-физические свойства.

Горные серые лесные почвы приурочены к районам I зоны и формируются в условиях более влажного климата. Водный режим — промывной. По содержанию гумуса почвы подразделяются так же, как и их равнинные аналоги. При этом содержание гумуса у тёмно-серых почв значительно выше и может достигать в отдельных случаях 10 %. Для них также характерна кислая реакция почвенного раствора, повышенная гидролитическая кислотность, низкая нитрификационная способность, слабая обеспеченность подвижным фосфором. По условиям залегания эти почвы подвергаются высокой водной эрозии.

Неполноразвитые чернозёмы и солонцы, как правило, встречаются пятнами среди других почв, первые — повсеместно, вторые — преимущественно в IV зоне, в меньшей степени во II–III зонах, в их восточных районах на низменных ландшафтах.

Таким образом, природно-климатические и почвенные условия Челябинской области вполне пригодны не только для выращивания зерновых, но и для овощей и особенно картофеля. Наиболее благоприятной для их возделывания является северная лесостепная зона и, несколько в меньшей степени, — южная лесостепь. Всего в лесостепной зоне размещается около 70 % посадок картофеля, в том числе 90 % площадей общественного сектора.

В лесостепной зоне обычно величину урожая определяет влага: по степени увлажнения вегетационный период здесь в 6 % случаев характеризуется как избыточно увлажнённый, в 12 % — влажный, в 36 % — достаточно влажный, в 32 % — недостаточно влажный и в 14 % — как засушливый. Таким образом, в 46 % случаев урожай картофеля снижается из-за недостатка почвенной влаги, а в 6 %, наоборот, — из-за её избытка.

В горно-лесной зоне объективным фактором, ограничивающим рост урожайности, является тепло, а именно короткий

безморозный период, реже недостаток эффективных температур за вегетацию; в степной зоне — влага, здесь в 75 % случаев растения картофеля в той или иной мере будут испытывать её недостаток в почве в определённые периоды роста и развития.

2.5.3. Нормирование и биологический контроль за состоянием почв

При нормировании химических веществ в почве учитывается не только та опасность, которую представляет почва при непосредственном контакте человека с ней, но и последствия вторичного загрязнения контактирующих с почвой сред [1; 36; 38].

ПДК загрязняющих веществ и допустимые остаточные концентрации (ДОК) в почве установлены пока только для 30 загрязняющих веществ, некоторые из них приведены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/кг почвы	Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/кг почвы
Ацетальдегид	II	0,05	Серная кислота	II	160
Бензпирен	I	0,02	Стирол	II	0,1
Изопропилен	II	0,5	Суперфосфат	III	200
Карбофос	I	2,0	Формалин	II	7,0
Кобальт	II	5,0	Фтор	I	2,8
Ксилолы	II	0,3	Хлорофос	I	0,5
Мышьяк	I	2,0	Ртуть	I	2,1
Свинец	II	32	Хром	I	0,05
Сернистые соединения	II	20	(подвижный неподвижный)	II	6

Важным санитарно-химическим показателем состояния почв является санитарное число С, которое косвенно характеризует процесс гумификации почвы и позволяет оценить самоочищающую способность почвы от органических загрязнений.

Санитарное число С — это отношение количества «почвенного белкового (гумусного) азота (А)» в мг на 100 г абсолютно су-

хой почвы к количеству «органического азота (В)» в мг на 100 г абсолютно сухой почвы: $C = A/B$.

Почвы считаются «незагрязнёнными» по показателям биологической активности при изменениях в микробиологических показателях не более чем на 50 % и биохимических — не более чем на 25 % по сравнению с данными образцов, принятых в качестве незагрязнённых почв.

2.5.4. Оценка земель области по гигиеническим показателям и тяжёлым металлам

Почва в городах и прилегающих к ним сельских поселениях постоянно подвергается интенсивному антропогенному воздействию, что подтверждается приведёнными далее данными. В 2011 г. по сравнению с 2010 г. удельный вес проб почвы в селитебной зоне населённых мест, не соответствующих нормативам по санитарно-химическим показателям, увеличился на 26,1 %, что видно из табл. 2.21 [45].

Таблица 2.21

Доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям в селитебной зоне, %

Регион	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Динамика к 2010 г.
Челябинская область	27,0	24,4	50,5	↑
Российская Федерация	7,2	8,4	–	–
Уральский федеральный округ	15,4	12,7	–	–

Превышение среднего показателя по области санитарно-химического загрязнения почвы селитебной зоны (50,5 %) отмечено в Челябинске. В 2011 г. зафиксирован рост удельного веса проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию тяжёлых металлов в селитебной зоне (табл. 2.22).

Доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию тяжёлых металлов в селитебной зоне, превысила средний показатель по области (33,4 %) в Челябинске и Златоусте, Сосновском и Кусинском районах.

Таблица 2.22

Доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию тяжёлых металлов в селитебной зоне, %

Регион	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Динамика к 2010 г.
Челябинская область	24,6	20,2	33,4	↑
Российская Федерация	5,8	5,6	–	–
Уральский федеральный округ	14,9	12,7	–	–

В 2011 г. по сравнению с 2010 г. сократилась доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию свинца в селитебной зоне, с 8,1 до 3,9 %, доля кадмия увеличилась с 0,26 до 1,0 %, доля ртути уменьшилась на 0,15 % (табл. 2.23).

Таблица 2.23

Доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию металлов, %

Регион	2009 г.			2010 г.			2011 г.		
	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg
Челябинская область	8,7	0,6	0,0	8,1	2,6	0,1	3,9	1,0	0,1
Российская Федерация	2,7	0,8	0,1	2,2	0,7	0,7	–	–	–
Уральский ФО	4,7	3,0	0,3	4,6	1,7	0,4	–	–	–

В 2011 г. по сравнению с 2010 г. отмечено увеличение проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, на 2,5 %. Основными причинами микробного загрязнения почвы на территории жилой застройки продолжает оставаться рост количества твёрдых бытовых отходов.

Обследования, проведённые в пяти районах области на площади более 450,0 тыс. га, выявили наряду с ростом кислотности почв очень высокий уровень загрязнения их тяжёлыми металлами (выше ПДК) на площади в 1 477 га (18,0 %), особенно по содержанию цинка, хрома, свинца и мышьяка на площади 78 870 га (табл. 2.24) [2; 21].

**Количество земель Челябинской области,
загрязнённых тяжёлыми металлами выше ПДК, 2011 г.**

Район области	Обследовано земель, га	Ед. изм.	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr	Mn	Co	Cd	As
Агаповский	38 105	га %	48 891 1,0	- -	482 1,0	1 161 3,0	2 748 7,5	- -	- -	- -	- -
Аргаяшский	104 027	га %	1 527 1,5	2 506 2,4	2 039 2,0	1 711 1,6	1 701 1,6	1 312 1,3	572 0,5	- -	39 970 36,5
Еткульский	121 562	га %	737 0,6	- -	377 0,3	194 0,1	- -	5 232 4,3	- -	- -	149 820 12,2
Красноармей- ский	128 479	га %	1 637 1,4	1 756 1,4	- -	- -	- -	- -	- -	789 0,6	12,2
Сосновский	61 750	га %	650 0,4	650 1,0	228 0,4	622 1,0	63 0,1	692 1,1	795 1,2	- -	- -
Итого	543 923	га %	8 438 1,0	3 156 0,7	4 782 1,1	3 688 0,8	4 627 1,0	7 236 1,5	1 367 0,3	789 0,2	7 280 16,3

Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

3.1. Факторы, влияющие на эффективность использования природного сырья

Одной из важнейших проблем промышленных предприятий является не только получение продукции высокого качества, но и снижение потерь сырья при его переработке, т. е. снижение образования отходов или использование их в качестве вторичного сырья [17; 19; 21].

Определяющим фактором влияния на коэффициент использования минерального сырья является содержание в сырье основного компонента (например, в железной руде — железа, в медной руде — меди и т. д.), которое зависит главным образом от химического состава природного сырья, глубины залегания руды и применяемых методов её добычи, обогащения и подготовки к переработке.

Вторым не менее важным фактором, влияющим на выход основного металла и полноты переработки сырья, является эффективность применяемых технологий и производительность оборудования и аппаратов.

Третий фактор, оказывающий существенное влияние на полноту извлечения из сырья основных компонентов, — обеспечение соблюдения заданного технологического режима процесса переработки сырья путём применения средств измерения условий проводимого процесса (температуры, давления, соотношения компонентов и т. д.) и автоматического их регулирования, в том числе с помощью применения ЭВМ.

Не менее значимым фактором повышения коэффициента извлечения из сырья основных компонентов является эффективность технологических процессов, применяемых для улавливания промышленных выбросов, очистки сточных вод и организованного хранения отходов, получаемых в процессе переработки сырья, а также применения для их повторного использования

в производственном цикле высокопроизводительных процессов и оборудования [24; 57].

В настоящее время основными направлениями обращения с отходами в стране являются переработка получаемых твёрдых отходов по заводским технологиям; использование отходов различных производств в качестве вторсырья или для других технологических процессов и, в крайнем случае, захоронение обезвреженных отходов с бытовыми отходами на полигонах [21; 22]. Недостатки применяемых методов использования отходов производств и применения заключаются в следующем:

1. Регенерация отработанных растворов кислот требует, по данным результатов исследований и опытно-промышленных испытаний, больших затрат не только на концентрирование отработанных кислот, но и на переработку и использование выделяемых солей. В связи с этим регенерация отработанных кислот применяется только на крупных предприятиях. Извлечение примесей (металлов) из получаемых при нейтрализации отработанных кислот шламов с низким содержанием металлов не экономично. В настоящее время известно извлечение из отходов таких ценных компонентов, как цинк, никель, кобальт, кадмий и т. д., при применении менее дефицитных металлов или их отходов.

Пока не находят широкого использования технологии переработки шламов, получаемых при нейтрализации известковым молоком отработанных травильных растворов (ОТР), в основном из-за повышенного содержания в них примесей, которые также не отделяются в процессе нейтрализации таких растворов. Получаемые при нейтрализации шламы нейтральны, но хлориды и нитраты кальция хорошо растворимы в воде, и поэтому при длительном хранении в хранилищах, в которых нет хорошей гидроизоляции, могут попадать не только в поверхностные, но в грунтовые воды [8; 17].

На крупных предприятиях, применяющих для травления металла соляную кислоту (ОАО «ММК», «НЛМК»), используют термический процесс переработки отработанных растворов путём «сжигания» их при высокой температуре на установках Рутнера. При обработке ОТР таким способом получается соля-

ная кислота, которая возвращается в процесс, и оксиды металлов, в основном Fe_2O_3 , применяемый в агломерационной шихте. Однако этот процесс имеет не только высокие энергетические затраты, но и новые отходы (хлорид кальция), образующиеся при нейтрализации промывных стоков, получаемых при замывке оборудования (травильных ванн, скрубберов). Не находят промышленного применения и отработанные растворы гальванических производств, как и выше перечисленные растворы. В связи с этим применение для переработки ОТР и других сложных отходов, например, содержащих ценные компоненты, жидкофазных процессов не только экономично, но и предотвращает накопление токсичных растворов, снижая загрязнение окружающей среды.

2. Не находят широкого практического применения многие отходы металлургии (шлаки медеплавильного производства, замасленная окалина, шламы абразивного производства, шлаки и золы ТЭС и др.) по причине низкой требовательности наших законодательных актов к предприятиям, несмотря на наличие эффективных технологий их переработки. Переработка таких отходов не только экономична (из-за высокого содержания в них по сравнению с природным сырьём ценных компонентов), но и высоко рентабельна, что доказано получением из таких отходов огнеупоров высокого качества, силикатного кирпича, теплоизоляционных материалов, агломерата и т. д. [17; 21].

3. Совместная утилизация отходов промышленных и бытовых отходов не всегда возможна в основном по причине их различного химического состава. Однако создание в крупных городах предприятий по совместной переработке отходов полимерных материалов и резинотехнических изделий, а также отработанного электролита и различного состава ОТР экономична, что подтверждается опытом работы зарубежных фирм и некоторых предприятий нашей страны [1; 17].

4. Применение термических процессов переработки промышленных отходов, содержащих горючие вещества, также пока сдерживается в основном из-за значительных затрат на сортировку отходов и их предварительную подготовку к переработ-

ке, а также в силу сложности очистки от токсичных примесей газов и сточных вод, получаемых в процессе термической переработке отходов [21; 67].

5. Захоронение твёрдых отходов производства и потребления на полигонах и свалках, которое пока в России наиболее широко распространено, можно рассматривать лишь как временную меру их утилизации, так как большая часть соединений, содержащихся в отходах, подвергается в таких условиях разложению чрезвычайно медленно, в результате чего окружающая среда длительно загрязняется токсичными веществами. Кроме этого, при захоронении отходов на полигонах и особенно на свалках из сферы возможного полезного использования устраниаются миллионы тонн ценного сырья, которому в дальнейшем не будет найдено практическое применение. В связи с этим в перспективе захоронению на свалках и полигонах должно подвергаться минимальное количество отходов, которые не имеют промышленной ценности [17; 19; 21].

6. Наиболее перспективным являются технологии по использованию отходов одних отраслей в качестве сырья для других отраслей промышленности или сельского хозяйства, как, например, применение отходов резинотехнических изделий в дорожном строительстве и при изготовлении специальных кровельных материалов, а также использование пылевидных отходов извести, получаемых при прокаливании известняка, для изготовления силикатного кирпича и мелиорантов [17; 21].

7. На эффективность переработки отходов значительное влияние оказывает также срок и условия хранения. Наиболее рационально перерабатывать отходы сразу же после их получения, не допуская изменения их химического состава (в связи с внешним воздействием атмосферы, стоков и т. д.) и смешения их с отходами другого состава и остатками различного сырья.

Значительно сложнее использовать техногенные месторождения сырья, для чего необходимо проведение исследований и создание специальных технологий переработки каждого вида техногенных отходов [59; 62].

3.2. Факторы, влияющие на эффективность использования отходов производств

Из приведённых данных по состоянию образования и использования в стране отходов производств видно, что основными причинами накопления и неудовлетворительной переработки отходов являются следующие факторы.

1. На крупнейших промышленных предприятиях выпуск продукции осуществляется по устаревшим технологиям, с образованием большого количества отходов, а реконструкция производств практически не ведётся.

2. На большинстве предприятий не организовано технически обоснованное складирование и хранение промышленных отходов (смешиваются отходы не только разного химического состава, но и класса опасности), что не позволяет их в дальнейшем эффективно переработать и найти продуктам, получаемым на их основе, экономичное промышленное применение.

3. На многих предприятиях отсутствуют участки по переработке отходов I–III класса опасности (отработанных гальванических растворов, нефтешламов, кислых смол, хлорированных масел и т. д.), что приводит к их многотоннажному накоплению и небезопасному хранению.

4. На городские свалки предприятиями вывозятся наряду с бытовыми отходами многотоннажные промышленные отходы, в том числе III класса опасности, что создаёт условия для горения отходов и исключает их дальнейшее применение для получения каких-либо полезных продуктов.

5. Практически всеми предприятиями области необоснованно ведётся нейтрализация отработанных травильных растворов и кислот любого химического состава и даже их смеси только известняком или известковым молоком. Такая нейтрализация не обеспечивает полного удаления в отходах нерастворимых в воде солей и приводит при их хранении к загрязнению поверхностных и грунтовых вод.

6. В области нет необходимого количества полигонов и санкционированных свалок ТБО, имеющих нормативную документацию и отвечающих требованиям СНиП, что приводит к на-

рушению раздельного приёма и хранения отходов с целью их дальнейшего эффективного применения.

7. Предприятиями области производятся научно необоснованные переработки природного сырья с низким содержанием основных компонентов, что приводит к образованию огромного количества отходов. В то же время на предприятиях имеются отходы с более высоким содержанием ценных продуктов, но их переработка ведётся неудовлетворительно даже при эффективных технологиях.

8. Отсутствие на предприятиях мониторинговых наблюдений за состоянием сбора и хранения отходов оборачивается их некавалифицированным сбором и хранением.

9. Установленное законом распределение средств за сбор и хранение отходов на территории предприятий не создаёт условий и заинтересованности в увеличении объёмов переработки и использования отходов.

10. Количество сбрасываемых в водоёмы недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод остаётся высоким и обусловлено в основном малым количеством или отсутствием на многих предприятиях очистных сооружений, а также применением для очистки стоков устаревших технологических процессов и неэффективного оборудования.

11. Значительные атмосферные выбросы промышленных предприятий, недостаточная очистка их и токсичных газов транспорта, а также существенный аэрогенный разнос промышленных и бытовых отходов из многочисленных неблагоустроенных полигонов и несанкционированных свалок также являются не менее важной причиной загрязнения окружающей среды многих промышленных городов и населённых пунктов области [17; 21].

3.3. Особенности подготовки техногенных месторождений к переработке

3.3.1. Характеристика техногенных месторождений сырья

Техногенное минеральное сырьё является одним из крупнейших резервов минерально-сырьевой базы. Однако уровень его

использования в области пока очень низкий, государственный учёт техногенных месторождений не ведётся, а предложения о составлении единого государственного кадастра отходов горнодобывающих производств не реализуются. Постоянный учёт количества отходов возложен на областные природно-экологические фонды. Данные по составу отходов имеются на предприятиях, получаемые ими при складировании отходов и проведении исследований по изучению воздействия собственных отходов на окружающую среду или установлению принципиальной возможности их переработки, а также при ведении мониторинга опасных процессов и загрязнения окружающей среды. Однако отходы горнодобывающих производств изучены только в экологическом аспекте, эффективные технологии переработки многих техногенных месторождений на предприятиях не применяются [27. С. 3; 50].

Необходимо различать понятия «техногенные ресурсы» и «техногенные месторождения». Техногенные ресурсы — это скопление отходов производства или потребления, количество и качество которых могут позволить в будущем при разработке соответствующих технологий их эффективную переработку при обеспечении экологической безопасности. Это практически прогнозные ресурсы техногенного сырья. Техногенные месторождения — это скопление отходов производства и потребления, количество и качество которых позволяет при тех же условиях вести их переработку в настоящее время, как и промышленные месторождения, запасы которых разведаны и утверждены (категории запасов А, В, С) [Там же].

По способу образования техногенные месторождения разделяют на три типа, приуроченные к местам хранения: к сухим отвалам; к гидроотвалам (хвосто- и шламохранилища) и к комбинированным отвалам.

3.3.2. Разработка обоснования освоения техногенных месторождений

Государственной комиссией по запасам России разработаны методические указания по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений, которые устанавливают

общие принципы ведения геологического изучения техногенного сырья, но не учитывают специфику отдельных видов отходов горнодобывающих производств. Для оценки качества отходов, предназначенных для производства стройматериалов (заполнителей бетона, асфальтобетона, активных добавок в цемент, буровых растворов, кирпича, керамзита и т. д.), разработано и действует несколько десятков ГОСТов и технических условий [27. С. 3; 50].

Оценка техногенных месторождений при проведении геологоразведочных работ имеет свои особенности. Размеры и форму отвалов и хвостохранилищ, отдельных их участков и конструктивных элементов определяют маркшейдерскими методами, используя топографические карты местности. Большинство пространственных качественных характеристик техногенного сырья в пределах накопителя отходов используется по данным документации предприятия.

Исходя из особенностей техногенных объектов, Министерство природных ресурсов РФ рекомендует их геологическое изучение проводить в две стадии:

- 1) ревизионно-оценочные работы;
- 2) разведка месторождения и технико-экономическое обоснование (ТЭО) эколого-экономической эффективности его освоения [27. С. 3].

На первой стадии уточняют количество техногенного сырья, оценивают инженерно-геологические условия объекта, в том числе изучают состояние поверхности отвала (хвостохранилища), определяют масштабы и характер воздействия техногенного объекта на окружающую среду, рассчитывают наносимый им суммарный материальный ущерб, включая затраты на хранение отходов и на создание природоохранных мероприятий.

Используя собранные материалы, составляют технико-экономические соображения (ТЭС) о необходимости проведения дополнительных работ на объекте, решают вопросы о целесообразности проведения разведочных работ, выполнении специальных технологических и эколого-экономических исследований и о сроках освоения объекта. На основании данных разведочных работ устанавливают закономерности изменения

вещественного состава отходов и оконтуривают участки, представляющие промышленный интерес. Внутри участков проводятся следующие работы:

1. Подсчитывают запасы техногенного сырья и количество заключённых в нём полезных компонентов.

2. Проводят анализ техногенного сырья минералогическими, спектральными, ядерно-химическими методами, по результатам которого делают полную оценку в нём полезных и вредных компонентов.

3. Разрабатывают технологические схемы и технико-экологические показатели переработки данного участка или хранилища. Поскольку техногенное сырьё, как правило, характеризуется более низким содержанием полезных компонентов, чем природное, для его рентабельной переработки требуется применение новых прогрессивных технологий, обеспечивающих не только полное извлечение полезных компонентов, но и переработку или применение остальных компонентов, а также определяют нанесение минимального ущерба окружающей среде.

4. Устанавливают принципиальную возможность и экономическую целесообразность извлечения попутных полезных компонентов, разрабатывая технологический процесс по комплексной переработке техногенного сырья.

Разведка техногенного месторождения осуществляется в соответствии с Методическим руководством по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений (ГКЗ, 1994 г.; Федеральный закон «О недрах»). На основе полученных данных на этапе ревизионно-оценочных работ необходимо:

1. Проводить оценку горнотехнических и гидрогеологических условий, а также применяемого способа эксплуатации, выхода, качества и себестоимости получаемой продукции и влияния переработки техногенного месторождения на окружающую среду.

2. Выполнить оценку воздействия техногенного месторождения на окружающую среду в полном объёме аналогично природному месторождению в соответствии с Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду (М., ГНЗ СССР, 1991).

3. При оценке сырья техногенного месторождения в качестве строительного материала необходимо учитывать длительность его хранения в отвале, поскольку в результате выветривания и других экзогенных процессов качество отхода существенно изменится и компоненты, первоначально пригодные, например, для строительных целей, могут уже не отвечать требованиям к качеству сырья для изготовления данного материала.

4. При оценке техногенного месторождения главным недостатком находящихся в нём отходов является неоднородность вещественного состава складированных отходов. Кроме того, в одном отвале или хранилище могут находиться отходы различных видов, в том числе и бытовых, что в значительной мере осложняет, а чаще делает невозможным их эффективное использование. По результатам разведки техногенного месторождения проводят технико-экономическую оценку целесообразности промышленной утилизации отвала или хвостохранилища.

Не менее важным вопросом для повышения коэффициента использования как природного, так и техногенного сырья является внедрение при их использовании малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

3.4. Особенности создания малоотходных и ресурсосберегающих технологий

Основным направлением рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды является разработка и применение малоотходных технологий. В природе практически нет безотходных технологий, применяются только малоотходные и ресурсосберегающие производства. Малоотходным является такое производство, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровни, допустимые санитарно-гигиеническими нормами, а часть сырья и материалов, перешедших в отходы, перерабатывается вторично или направляются на захоронение [1; 21; 58]. Малоотходные технологии и замкнутые циклы являются одной из перспективных мер защиты окружающей среды от загрязнения. В соответствии с Декларацией о безотходности технологии и использо-

вании отходов, принятой в Женеве в 1979 г., сформулированы четыре основных направления их реализации:

1. Создание бессточных технологических систем различного назначения.

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов как вторичных материальных ресурсов.

3. Разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами с максимально возможным переводом веществ и энергии на получаемую продукцию.

4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов с возможно более замкнутой структурой потоков сырья и отходов производства.

При разработке малоотходной технологии должны соблюдаться следующие принципы:

Во-первых, должна соблюдаться цикличность или многообразие использования различных видов сырья, внедряются принципиально новые технологические процессы, применение которых позволит повысить коэффициент безотходности до 0,8, а в отдельных отраслях промышленности до 0,98.

Во-вторых, должны применяться малоэнергоёмкие и высокоэффективные процессы, например, методы прямого получения металла, порошковой металлургии, «кипящего слоя», с использованием кислорода, водорода, озона, катализаторов, высоких давлений, а также плазменных и лазерных технологий, гидрометаллургические процессы.

В-третьих, должно соблюдаться требование по предельно допустимой экологической нагрузке и ПДК вредных веществ, т. е. поддержание такого состояния окружающей среды, при котором антропогенное воздействие не вызывает в ней отрицательных изменений.

Критерием малоотходной технологии является такое комплексное использование сырья и энергии, при котором технологический процесс производства не сопровождается загрязнением окружающей среды. Вследствие этого техногенный круговорот сырья, продукции и отходов предопределяет замкнутость производственного цикла. Принцип безотходной или малоот-

ходной технологии затрагивает все стадии производственной деятельности: разработку новых технологических рецептов и режимов, применения высокопроизводительных процессов и оборудования, экономических, экологических мероприятий и т. д.

3.5. Требования, предъявляемые к вновь создаваемым предприятиям

Одним из основных требований, предъявляемых к вновь создаваемым промышленным предприятиям, является экологическое обеспечение, которое должно достигаться применением при проектировании комплекса организационно-технических, социально-экономических мероприятий и правового регулирования, направленных на сохранение и восстановление качества природной среды и обеспечение экологической безопасности при эксплуатации производства. Безотходная (малоотходная) технология эффективна в тех случаях, когда она создана по аналогии с процессами, происходящими в биосфере: когда отходы одной стадии процесса используются на других стадиях, образуя замкнутый цикл [1; 23; 24].

В процессе проектирования вновь создаваемого предприятия при наличии прогрессивных вариантов малоотходной технологии должен быть выбран вариант с наибольшим социально-экономическим эффектом и вредное воздействие на окружающую среду должно быть доведено до санитарно-гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых концентраций и уровней.

Наибольшая экологическая эффективность работы предприятий достигается в случаях применения экологизированных технологий, в основу которых должны быть положены следующие принципы:

1. **Пространственная компактность:** создаваемое предприятие должно занимать минимальную территорию, а его цеха и участки — работать по принципу выпуска экологически чистой продукции, обеспечивая возврат отходов в производство или их утилизацию.

2. **Замкнутость и непрерывность производственных циклов,** позволяющая сохранить в чистоте природную среду, низкое по-

требление природных ресурсов и обеспечивающая рациональное природопользование.

3. Возможность вторичной переработки (рекуперации) отходов до такой степени, чтобы сделать их доступными для взаимодействия с вводимыми реагентами, образуя естественные круговороты, а выделяющаяся в различных технологических процессах теплота должна быть также использована.

4. Обеспечение малоотходности (теоретически безотходность) технологий и производств путём применения перспективных научно обоснованных процессов переработки природного сырья на основе автоматических систем компьютерной техники [1; 36].

Наряду с техническими мероприятиями при создании новых производств должны выполняться также следующие организационные мероприятия:

1. Применение системности в организации производства, например, создание замкнутых водооборотных циклов с использованием выделяемых шламов.

2. Реализация многоразового использования материалов за счёт организации циклических процессов.

3. Комбинирование производств и организация комплексного использования сырья, энергоресурсов и отходов производства.

4. Кооперирование переделов с учётом утилизации отходов на одном из предприятий.

5. Научно-практическое обоснование района строительства производств с учётом фоновое загрязнение окружающей среды.

6. Создание малоотходных территориально-производственных комплексов или эколого-промышленных парков.

7. Организация региональных центров по совместной переработке и обезвреживанию отходов производств и потребления.

8. Одним из важнейших требований к проектам новых предприятий независимо от форм собственности является расположение предприятия, обеспечивающее размерность санитарно-защитных зон.

Факторы, влияющие на размер санитарно-защитной зоны предприятий:

Для каждого предприятия в зависимости от его мощности и степени загрязнения им окружающей среды, а также от господствующего ветра, эффективности очистных сооружений, противозумных и других факторов устанавливается санитарно-защитная зона (СЗЗ). Размеры СЗЗ для различных предприятий установлены нормами СН-245-71 и приведены в табл. 3.1 [22; 50].

Таблица 3.1

Зависимость размера СЗЗ предприятия от его класса опасности

Класс опасности предприятия	СЗЗ, м
I	1 000
II	500
III	300
IV	100
V	50

Так, например, к I классу опасности относятся предприятия по производству аммиака, азотной кислоты, азотно-тукового и других удобрений, вискозного волокна и целлофана, органических растворителей и масел (бензола, толуола, ксилола и др.), суперфосфата, серной кислоты, олеума, сероводорода, предприятия чёрной металлургии, по переработке нефти, по вторичной переработке цветных металлов мощностью более 3 тыс. т/год, электролизу солей алюминия.

К II классу относятся производства мочевины, искусственных и химических волокон, искусственной кожи, аммиачной селитры, шин, резинотехнических изделий, сурьмы, свинцовых аккумуляторов, цветных металлов и предприятий по вторичной переработке цветных металлов мощностью до 3 тыс. т/год.

К III классу относятся производства битума, гудрона, пластических масс, полистирола, кабеля, чугунного литья, ртути и ртутных приборов, по обогащению металла без горячей обработки.

К IV классу относятся производства готовых лекарственных форм, искусственного каракуля, обуви, машин и приборов электротехнической промышленности, кабеля, шрифтолитейные заводы.

К V классу относятся предприятия по механической переработке пластмасс и синтетических смол, по вулканизации резины без применения сероуглерода, металлообрабатывающей промышленности, а также производства электроприборов, щелочных аккумуляторов, твёрдых сплавов и тугоплавких металлов.

Для объектов сельскохозяйственного производства предусматриваются СЗЗ от 50 до 1 000 м в зависимости от вредности производства.

Санитарно-защитная зона для предприятий и объектов должна быть увеличена при необходимости и обосновании, но не более чем в 3 раза в следующих случаях:

- при отсутствии способов очистки выбросов;
- в зависимости от розы ветров;
- при производстве новых, ещё недостаточно изученных вредных веществ;
- при необходимости размещения жилой застройки.

Размеры санитарно-защитной зоны могут быть снижены в следующих случаях:

- если в результате расчёта рассеивания в атмосфере вредных веществ после очистных сооружений и совершенствования технологического процесса будет установлено, что содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых пунктов не будет превышать установленных нормативов;
- если в результате акустического расчёта будет определено, что уровни шума в пределах жилой застройки не будут превышать установленных норм;
- если в пределах жилой застройки уровни вибрации, ультразвука, электромагнитных и ионизирующих излучений не будут превышать установленных нормативов.

3.6. Влияние конструкций оборудования и условий процессов на эффективность переработки сырья и отходов производств

Коэффициент использования сырья и переработки отходов производств в значительной степени зависит от конструкции применяемого оборудования и создаваемых условий, особен-

но от температуры, давления и т. д. Более сложно и чаще всего не экономично возвращать повторно в производство твёрдые промышленные отходы с низким содержанием ценных элементов, не только из-за высоких затрат на их обработку (дробление, измельчение, фильтрацию, сушку и т. д.), но и по причине больших затрат на доводку остальной части отхода до кондиционного продукта. Повторно применять в производстве экономично, например, шлаки, содержащие ценные и редкие металлы (никель, кобальт, молибден, вольфрам, ванадий), или суспензии, например, отработанные растворы, содержащие такие же или редкие металлы.

В зависимости от качества техногенного месторождения разрабатываются технологии их переработки с применением на каждой стадии процессов следующих видов высокопроизводительного оборудования [20].

1. При использовании для переработки жидких отходов, например, отработанных кислот и травильных растворов для фильтрации суспензий и конденсации паров применять приведённые на рис. 3.1 и 3.2 конденсаторы и вакуум-фильтры, для сушки, кристаллизации — распылительные сушилки, а для сушки и измельчения продуктов — комбинированные сушилки (рис. 3.3. и 3.4).

2. В случае переработки металлургических шлаков или других твёрдых крупных отходов их подвергают дроблению и измельчению, а также магнитной или воздушной сепарации. Схемы дробилок, применяемых для дробления кускового отхода и для тонкого дробления, приведены на рис. 3.5 и 3.6 [20].

После измельчения шлаки, особенно с высоким содержанием ценных продуктов подверга-

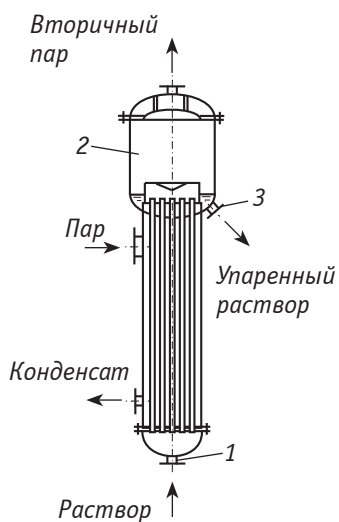


Рис. 3.1. Конденсатор: 1, 2 — патрубки; 3 — сепаратор

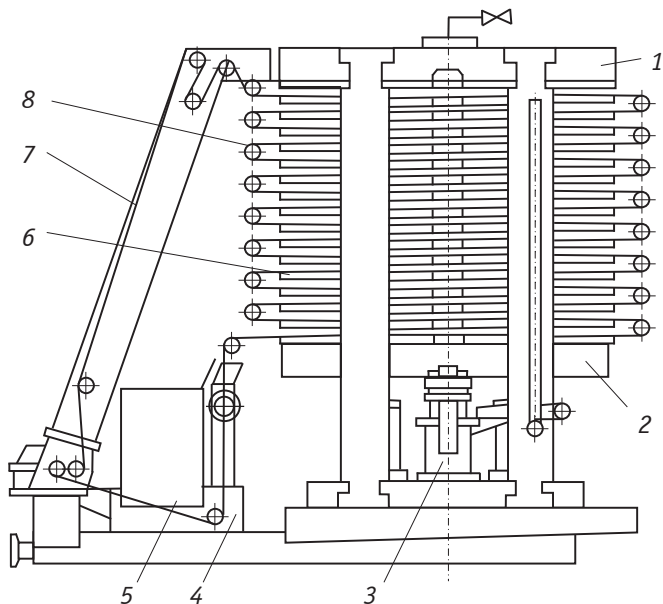


Рис. 3.2. Схема механизированного камерного фильтра-пресса:
 1 — неподвижная плита; 2 — нажимная плита; 3 — механизм зажима;
 4 — камера регенерации; 5 — бункер; 6 — плита;
 7 — фильтровальная ткань; 8 — ролик

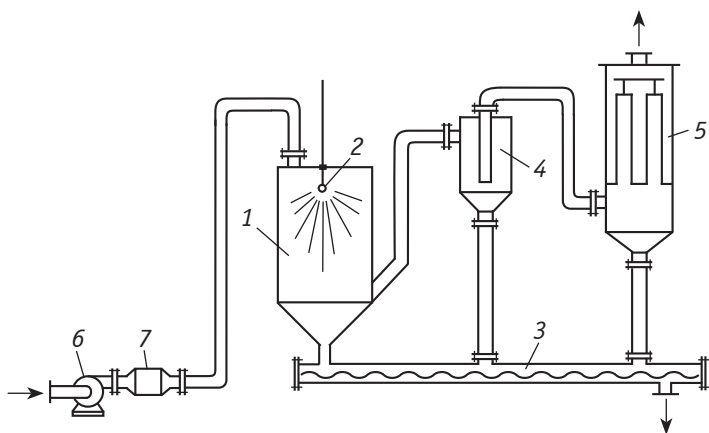


Рис. 3.3. Распылительная сушилка:
 1 — камера сушилки; 2 — форсунка; 3 — шнек для выгрузки
 высушенного материала; 4 — циклон; 5 — рукавный фильтр;
 6 — вентилятор; 7 — калорифер

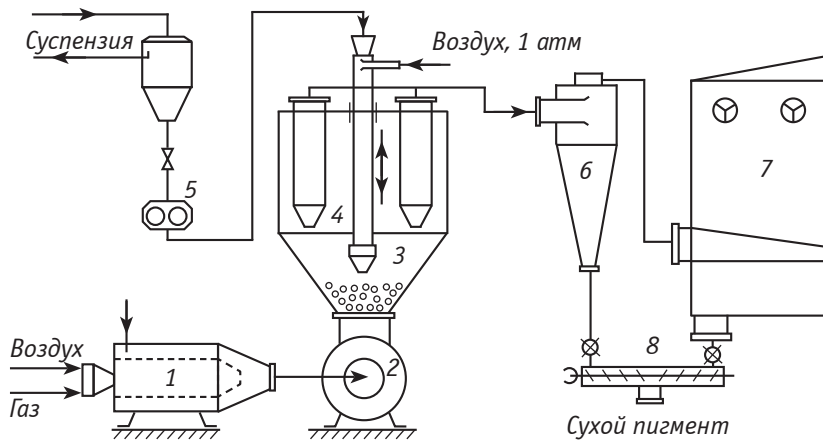


Рис. 3.4. Принципиальная схема сушки пигментов в комбинированной сушилке: 1 — топка для сжигания природного газа; 2 — вентилятор ВВД № 8; 3 — сушильная камера; 4 — форсунка; 5 — дозатор; 6 — циклон ВЦНИИОТ; 7 — рукавный фильтр ФВ-60; 8 — шнек

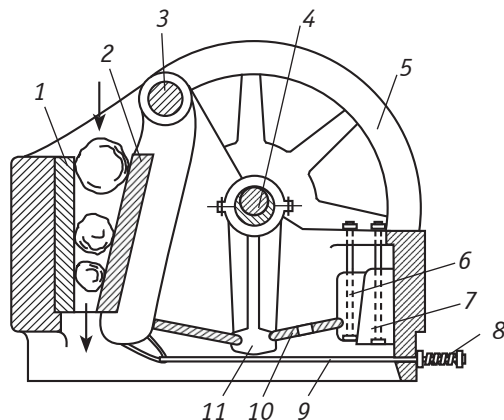


Рис. 3.5. Схема щековой дробилки: 1, 2 — неподвижная и подвижная щёки; 3 — ось; 4 — вал; 5 — маховик; 6, 7 — распорные клинья; 8 — пружина; 9 — тяга; 10 — распорная плита; 11 — шатун

ют магнитной и воздушной сепарации на сепараторах, схема которых приведена на рис. 3.7 [20].

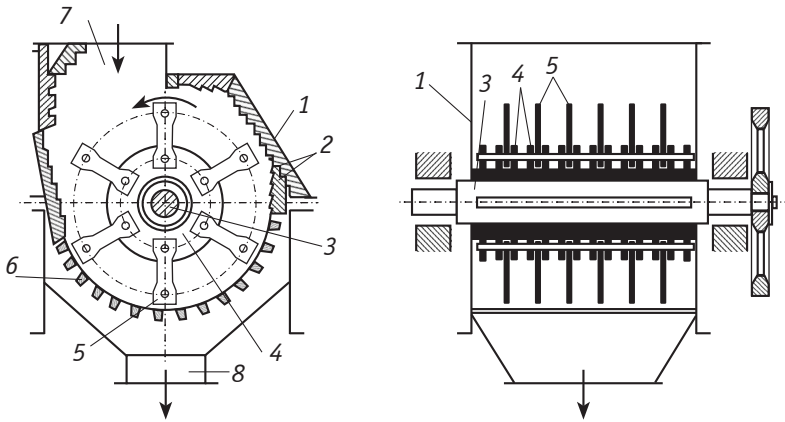


Рис. 3.6. Схема молотковой дробилки:
 1 — корпус; 2 — зубчатые плиты; 3 — вал; 4 — диск; 5 — молоток;
 6 — колоски; 7 — загрузка; 8 — выгрузка

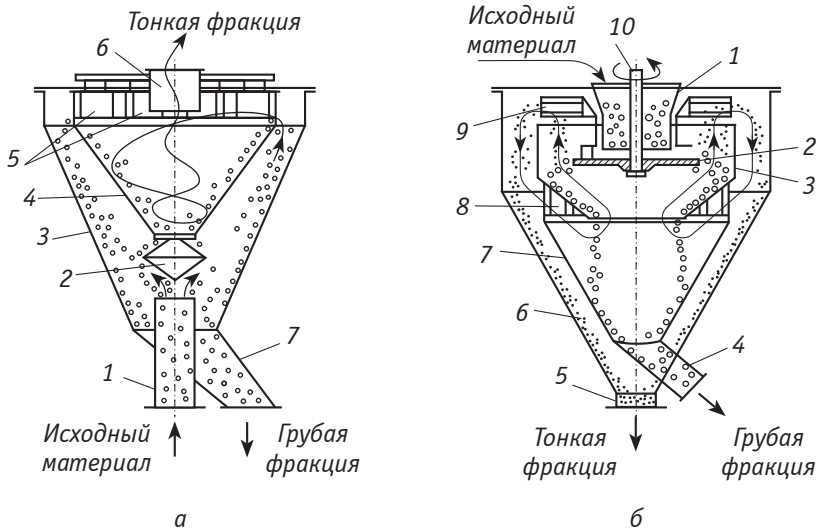


Рис. 3.7. Схемы воздушных сепараторов:
 а — воздушно-проходной: 1, 6, 7 — патрубки; 2 — отбойный конус;
 3 — корпус; 4 — внутренний конус; 5 — лопатки завихрителя;
 б — воздушно-циркуляционный: 1, 4, 5 — патрубки; 2 — диск;
 3, 7 — конусы; 6 — корпус; 8 — лопатки завихрителя;
 9 — вентиляторное колесо; 10 — вал

Обогащённый по содержанию основного элемента измельчённый шлак брикетируют на пресс-валках, схема которых приведена на рис. 3.8 [20].

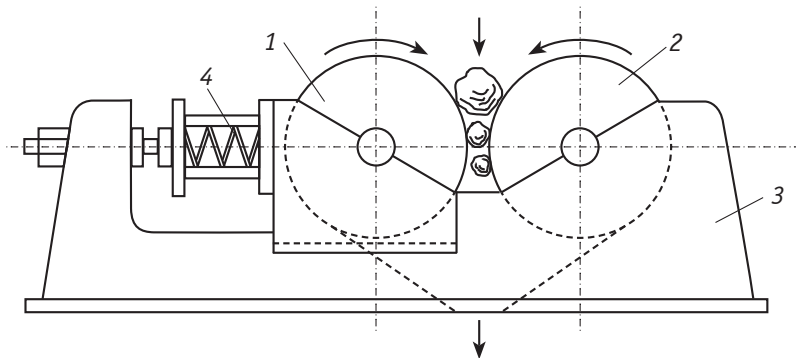


Рис. 3.8. Схема пресс-валков:
1, 2 — цилиндрические валки; 3 — станина; 4 — пружина

Брикеты используют в виде добавки к основному сырью, а силикатосодержащую часть отходов применяют для получения строительных материалов (наполнителя для низкосортного цемента и т. д.).

Доменные и сталеплавильные шлаки, а частично и некоторые шлаки цветной металлургии, из-за низкого содержания в них соединений железа и цветных металлов и высокого количества соединений кремния, кальция и алюминия экономичнее применять для получения различных видов строительных материалов и жаропрочных бетонов.

Особенность конструкций аппаратов, работающих под давлением. В настоящее время известно более 100 промышленных процессов, осуществляемых под давлением от 10 до 3000 атм. Широкое применение в промышленности нашли такие процессы при нефтепереработке (алкилирование, этерификация, газогенирование, изомеризация, окисление, полимеризация и др.) и органическом синтезе, в результате которых получают такие ценные продукты, как аммиак, метанол, этанол, высшие спирты, карбонилы металлов, различные полимерные материалы и т. д. [4; 10].

Количество новых технологических процессов под давлением, внедряемых в промышленности, постоянно возрастает. Основным сдерживающим фактором внедрения процессов с высоким давлением является сложность изготовления специального оборудования — автоклавов большой мощности. Корпуса аппаратов и некоторые детали к ним изготавливают из специальных сталей, которые наряду с высокими механическими свойствами, стойки при температуре 250–400 °С, достаточно прочны и коррозионностойки. Так, например, для изготовления автоклавов, применяемых для работы в концентрированной соляной кислоте при температуре 200 °С, в качестве конструкционного материала применяют палладий. Но применение такого металла для изготовления автоклавов большого объема неэкономично. Для защиты простого металла перемешивающих устройств применяют специальную эмаль или стеклопластики на фенолформальдегидной смоле, а арматуру и прокладки изготавливают из фторопласта различных марок в зависимости от агрессивности реакционной среды. Однако несмотря на все эти сложности изготовления автоклавов применение их для получения разнообразных продуктов экономически оправдано.

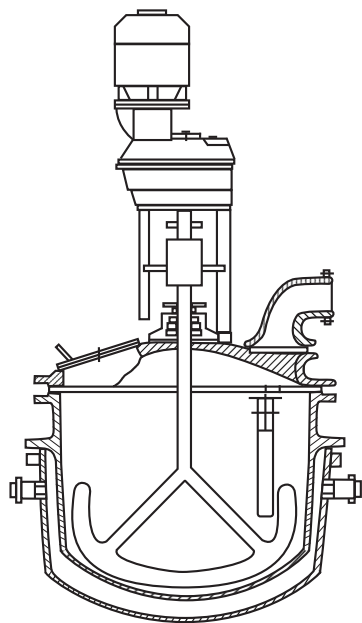


Рис. 3.9. Автоклав

Однако несмотря на все эти сложности изготовления автоклавов применение их для получения разнообразных продуктов экономически оправдано.

Конструкция одного из видов аппаратов (комплект ректификационной колонны) приведена на рис. 3.9 [20]. В последние годы начали применять для получения искусственного жидкого топлива из бурого угля и отходов нефтеперегонки (мазута, гудрона) высокопроизводительные процессы, работающие под высоким давлением в аппаратах колонного типа с различной конструкцией тарелок (колпачковых, сетчатых, насадочных). Общая технологиче-

ская схема колонного типа для ректификации нефтепродуктов приведена на рис. 3.10.

Применение для переработки сырья и отходов жидкофазных процессов. В последние годы в цветной металлургии, при производстве минеральных удобрений, пигментов и т. д. широко начали применять жидкофазные процессы переработки природного сырья (концентратов) в сильно агрессивной среде. Переработка такого сырья в реакторах при нормальном давлении требует использования высокой концентрации кислот и нагрева реакционной массы до температуры выше 200 °С. Недостатком такого процесса являются не только длительность реакций и значительные потери сырья, но и низкий выход получаемого продукта и повышенное образование отходов из-за неполного взаимодействия компонентов.

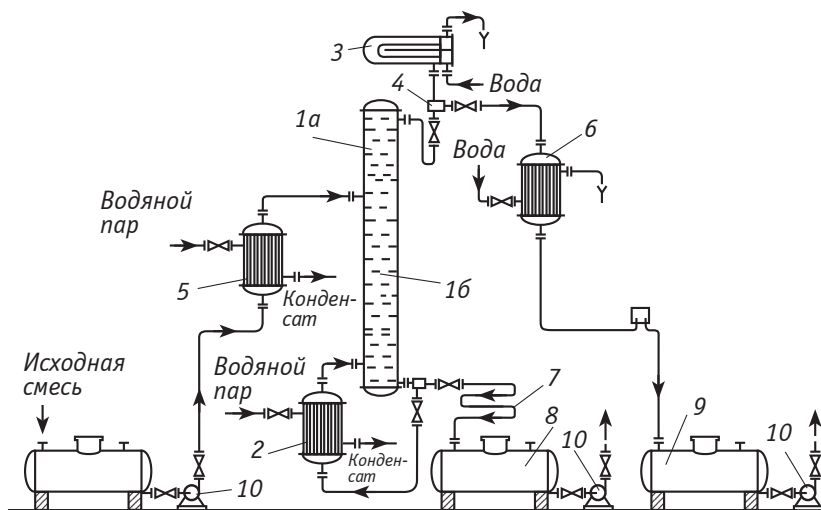


Рис. 3.10. Схема непрерывно действующей ректификационной установки:

- 1 — ректификационная колонна (а — укрепляющая часть, б — исчерпывающая часть);
- 2 — кипятильник; 3 — дефлегматор;
- 4 — делитель флегмы; 5 — подогреватель исходной смеси;
- 6 — холодильник дистиллята или холодильник-конденсатор;
- 7 — холодильник остатка (или нижнего продукта);
- 8, 9 — сборник; 10 — насосы

Так, например, в производстве диоксида титана при взаимодействии титаносодержащего сырья с концентрированной серной кислотой образуется на 1 т диоксида титана 6–8 т отходной 20–25 %-й серной кислоты со значительным содержанием различных солей. Применение же для этих целей автоклавных процессов, как показали опытные испытания, не только резко сокращает время реакций, но и снижает образование отходной кислоты, так как при повышенном давлении титановое сырьё взаимодействует более полно даже с серной кислотой низкой концентрации [20; 22]. Эффективность автоклавных процессов подтверждается применением их при переработке сырья Норильским металлургическим комбинатом и другими предприятиями.

Особенность конструкций высокотемпературных плазмотронов. Плазма — ионизированный газ, содержащий заряженные частицы, т. е. свободные электроны и ионы. Газовая плазма отличается от системы свободно движущихся заряженных частиц свойством квазинейтральности: положительный заряд ионов и отрицательный заряд электронов в среднем взаимно нейтральны. Система заряженных частиц может именоваться плазмой лишь при условии, что размеры её велики в сравнении с дебаевской длиной (заметное разделение зарядов в плазме возможно лишь на малых длинах волн или за малые промежутки времени), а время существования — в сравнении с периодом плазменных колебаний [20; 34].

Известно, что всякое вещество при достаточно высокой температуре (в газах при высокой плотности) переходит в состояние плазмы. Температура, необходимая для ионизации, тем больше, чем выше энергия ионизации. Наименьшую энергию ионизации имеют щелочные металлы. Химические процессы в низкотемпературной плазме возможны в присутствии недиссоциированных молекулярных ионов. Молекулы, присутствующие в плазме газового разряда, вступают в разнообразные химические реакции. В плотной равновесной плазме реакции протекают по чисто термическому механизму, а роль электрического разряда сводится просто к нагреву. Примером подобного процесса является получение озона в электрическом разряде.

Принципы работы плазмохимической установки заключаются в том, что в струю низкотемпературной плазмы (3 000 °К и более) подаётся исходное вещество в жидком, порошковом или пастообразном состоянии. При такой температуре в реакторе вещество разлагается до молекул, атомов, ионов. Благодаря регулируемому составу плазмообразующихся газов (водорода, азота, кислорода, паров воды) образуются оксиды, соединения галогенов с водородом, нейтральные молекулы и атомы в соответствии с заданными термодинамическими процессами. Такие процессы строго регулируются по давлению, температуре и составу газов.

Высокая температура газа и его закалка, системы нейтрализации, регенерации, фильтрации, возможность останова процесса в любой момент делают процессы под давлением экологически безопасными, хотя и энергоёмкими.

Важнейшие направления использования плазмы связаны с перспективными проблемами энергетики: термоядерными управляемыми реакциями и прямым превращением тепловой энергии в электрическую. Наиболее важным является взаимодействие различных реагентов и плазменных струй. Так, в электросварке получили применение плазменные горелки. Высокочастотные индукционно-плазменные факельные горелки применяются для выращивания кристаллов тугоплавких веществ в промышленности огнеупоров и в металлургии. Сложные минеральные молекулы, не поддающиеся расщеплению, переходят в состояние плазмы и легко подвергаются ионизации. Так, например, возможно расщепить минерал родонит $MnOSiO_2$ на отдельные вещества.

Ионные процессы в химической, нефтехимической, металлургической и других отраслях промышленности осуществляются путём применения мощных дуговых разрядов с охлаждаемыми электродами (плазматронами). Плазменные технологии позволяют создать не только передвижные, но и стационарные промышленные установки, как по переработке природного сырья, так и отходов различных производств. Так, например, разработан электрофизический процесс полной переработки отходов машиностроения (железной стружки, опилок, чугуновой

дробь) с получением железосодержащих пигментов железного сурика. На такого типа установках возможно перерабатывать отходы в сырьё для керамических изделий, в адсорбенты, теплоизоляционные материалы и т. д.

Известны разработки, в которых плазменными процессами с использованием ванны с расплавленным металлом производится обезвреживание отходов. Однако такой процесс более опасен, хотя и снижает массовые габариты оборудования и улучшает энергетические показатели процессов. Один из видов плазмотронов, применяемых в производстве диоксида титана, приведён на рис. 3.11 [20].

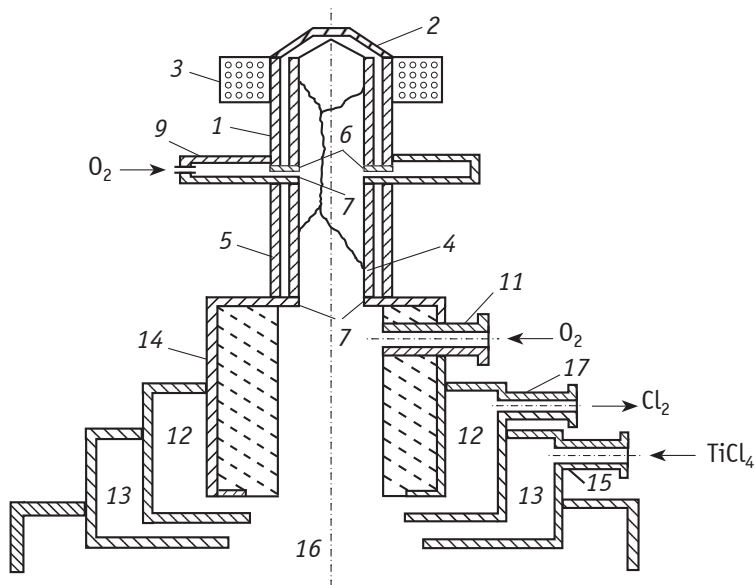


Рис. 3.11. Плазмотрон:

- 1 — верхний электрод; 2, 5 — водоохлаждающая рубашка; 3 — соленоид для стабилизации электрической дуги; 4 — нижний электрод; 6, 8 — отверстия; 7 — изолятор; 9, 10 — камера смешения; 11 — штуцер для кислорода; 12, 13 — дополнительные камеры; 14 — изоляция; 15 — штуцер для ввода TiCl_4 ; 16 — реакционное пространство; 17 — штуцер для хлора

3.7. Перспективные технологии получения чёрных и цветных металлов из отходов

В России ещё в 1985 г. был испытан процесс плавки руды в жидкой ванне с использованием дешёвого угля как восстановителя из различных материалов (от железной руды до железосодержащих отходов — шлаков, пыли газоочисток, колошниковой пыли, окалины, шлаков гальваники, бытовых отходов и т. д.). Такой процесс эффективен, поскольку позволяет не только перерабатывать различное сырьё, но и использовать углеводородсодержащие отходы. Он может применяться также при переработке низкосортных руд цветных металлов, отходов производств [17].

Переработку практически любых отходов производств можно проводить эффективно на барботажных печах, аналогичных применяемым для осуществления плавки в печах (ПЖВ), и процессу Romelt, разработанному в Московском институте стали и сплавов (МИСиС). На построенной печи такого типа с площадью 20 м² на НЛМК в 1985 г. были проведены испытания по переработке конверторных и доменных шлаков, окалины, стальной стружки, отсева металлургических окатышей производства ферросплавов и отвальных свинцово-цинковых шлаков. В зависимости от состава сырья и энергоносителей в печах при плавке устанавливаются режимы, обеспечивающие необходимый состав и качество получаемой металлопродукции.

Перспективный процесс плавки железных руд в слое шлакового расплава Romelt был применён для обезвреживания отходов чёрной и цветной металлургии. Процессы, протекающие в шлаковом расплаве печи Romelt, те же, что и в доменном производстве. Отличие состоит в том, что газовая фаза печи Romelt обладает окислительными свойствами, а в доменном процессе — восстановительными. Поэтому доменный процесс экологически более безопасный. При финансировании фирмой Samsung Hea Industries (Южная Корея) была построена установка производительностью 1 т ТБО/ч. На этой установке была опробована переработка отходов стеклянного боя, золы

от сжигания угля, «горелой» (литейной) земли. В качестве топлива использовались измельчённые изношенные шины.

На заводе «Электростальтяжмаш» (г. Электросталь Московской области) в 1994 г. была введена в эксплуатацию установка экологически безопасного обезвреживания остатков закалочных масел. Технология и конструкция установки разработана в Институте химической физики (г. Черноголовка Московской области) [68]. Реактор шахтного типа с наружным диаметром 2 м высотой 14 м внутри выложен тремя рядами шамотного кирпича. Свободный объём реактора заполняется некондиционным (битым) шамотным кирпичом — инертным материалом для создания режима адиабатического горения. В процессе газификации, протекающей в средней по высоте части реактора, инертный материал в смеси с отходами перемещается в нижнюю часть реактора, где после отделения золы и шлака вновь тонкодисперсные непрореагированные отходы возвращаются в верхнюю часть реактора и через специальный люк загружаются вместе с отходами.

В 1998 г. такая же установка, но для утилизации ТБО, введена в эксплуатацию в Финляндии в г. Лаппеенранта. Синтез-газ, получаемый на установке, подаётся в один из котлов ТЭЦ, а зола, получаемая при газификации ТБО, вывозится на захоронение [12; 22]. Рабочая температура в зоне газификации 1 000–1 100 °С, температура на наружной стенке реактора не более 50 °С, КПД использования тепла 70 %. Управление температурой в зоне газификации осуществляется газом, а на случай перерыва — подачей пара. Установка оборудована аварийной автоматической системой продувки азотом для предотвращения расплавления инертного материала. В процессе газификации не получается вредных газовых выбросов, поэтому газоочистное оборудование не требуется.

Производительность установки — 2–4 т ТБО/ч. Капитальные затраты без газоочистного оборудования — 2,5 млн долл.

3.7.1. Особенности процессов получения прямым восстановлением сырья и отходов

В последние годы расширено внимание к процессам прямого восстановления металлосодержащего сырья не только в связи со снижением его качества, но и резким увеличением количества отходов производств. К процессам прямого восстановления относятся твёрдофазный процесс «Корекс» и жидкофазный «Диос», а в производстве цветных металлов наиболее перспективным процессом является плавка в жидкой ванне [17; 21].

Особенностью процесса «Корекс» является то, что снижение использования некоксуемого угля производится в присутствии кислорода при температуре около 1 000 °С в специальной камере с образованием газа-восстановителя (смеси H_2 и CO), который при температуре 800–850 °С вдувается в шахту через загруженную сырьевую шихту, где и происходит процесс плавки и восстановления руды. Такая технология проверена на опытно-промышленной установке в ЮАР мощностью 340 тыс. т чугуна в год. На основе полученных результатов строится две установки «Корекс-С-2000» мощностью 1,28 млн т чугуна в год (рис. 3.12).

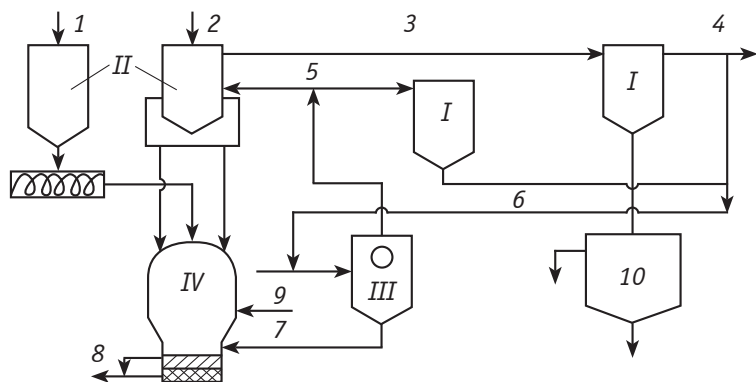


Рис. 3.12. Технологическая схема процесса «Корекс»:

I — скруббер; II — восстановительная шахта; III — циклон горячего газа; IV — плавильная камера; 1 — уголь; 2 — кусковая руда, окатыши или агломерат, присадки; 3 — колошниковый газ; 4 — отходящий газ; 6 — охлаждённый газ; 7 — пыль из циклона; 8 — чугун и шлак; 9 — кислород; 10 — отстойник

Технологический жидкофазный процесс «Диос» заключается в восстановлении сырья продувкой шихты восстановительным газом через жидкую ванну. По такой технологии в Японии в 1993 г. была введена в эксплуатацию установка мощностью 500 т/сут.

Проведённые исследования показали, что в печах такого типа переработка отходов металлургических предприятий технологически возможна и экономически оправдана даже при работе на сырье с низким содержанием железа и угля, которые не могут быть использованы в традиционных металлургических агрегатах. Кроме того, в таком процессе резко снижается количество отходов производства.

Не менее важным направлением использования барботажных печей является переработка в них уже накопленных отходов металлургических предприятий. Особенно это важно для предприятий, когда поставка железорудных материалов связана со значительными затратами на перевозку.

В этих случаях для производства чугуна возможна частичная замена отходами вновь добываемого природного сырья. Переработка этих отходов в доменных печах невозможна. Барботажные печи мало чувствительны к качеству сырья и могут перерабатывать накопленные отходы металлургических предприятий, что позволит снизить остроту проблемы поставки железорудных материалов.

Важной особенностью таких печей является и то, что в зависимости от складывающейся на рынке ситуации можно изменять режим работы печей так, чтобы увеличивать производство чугуна (при этом снизить производство вторичной энергии) или увеличить производство энергии (при этом снизить производство чугуна). Вторичная энергия в барботажных печах может производиться в основном в виде пара энергетических параметров либо в виде топливного газа калорийностью около 10 000 кДж/м³.

Использование барботажных печей для эффективного экологически чистого сжигания угля или для его газификации может явиться важным направлением в развитии отечественной энергетики. Работы в этом направлении уже ведутся на первой

опытно-промышленной «Экспериментальной ТЭС» РАО ЕЭС России (г. Красный Сулин) мощностью 200 МВт по сжиганию угля в барботируемом шлаковом расплаве [21].

Барботажные печи могут также эффективно использоваться и для переработки отходов на предприятиях цветной металлургии. Перспективным направлением использования барботажных печей является переработка отходов «красных шламов», образующихся при производстве глинозёма.

Созданы агрегаты, позволяющие на металлургическом предприятии организовать полную переработку собственных отходов с извлечением ценных компонентов и уменьшением вредного воздействия на окружающую среду.

3.7.2. Прогрессивные технологии переработки руд цветных металлов

Большой объём научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в стране связан с поиском эффективных технологий переработки различного металлургического сырья и отходов производства цветной металлургии. Наиболее эффективными схемами переработки признаны автогенные и электротермические гидрометаллургические процессы, в том числе автоклавные и технологии с применением сорбции и экстракции. Основными направлениями автогенных процессов являются кислородно-факельная плавка (КФП), взвешенная плавка (ВП), кивцэтная плавка (КВЦП), плавка в жидкой ванне (ПЖВ) [17].

В результате промышленного освоения процесса КФП (при расходе технического кислорода $220 \text{ м}^3/\text{т}$ шихты и десульфатизации до 70–75 % производительность печей составляет $19 \text{ т}/\text{м}^2/\text{сут}$), содержание меди в штейне доведено до 45 %, а концентрация сернистого ангидрида в газе составляет 65–70 %, что позволяет перерабатывать все газы в серную кислоту. Однако этот процесс имеет и существенный недостаток — высокое содержание меди в шлаке (1,0–1,2 %), что требует дополнительной его обработки (обеднения).

Взвешенная плавка включает три стадии процесса (обжиг, плавку и конвертирование сырья), осуществляемые в одном

аппарате ВП. Однако в отличие от КФП взвешенную плавку проводят при воздушном дутье с образованием значительного количества отходящих газов. В зависимости от десульфатизации в печи содержание меди в штейне колеблется от 45 до 65 %, а шлак содержит от 0,8 до 1,5 % меди, что также требует его дальнейшей обработки. Газы перерабатывают в серную кислоту, а иногда и в серу, проведя восстановление газа в апштейке.

Основные элементы кивцэтного процесса — плавильная камера и электротермическая печь. Агрегат оснащён независимыми системами очистки газов. Электропечь оборудована концентратором для охлаждения паров цинка и перевода их в жидкий металл, шихта вдувается кислородом в реакционную зону плавильной камеры, где идёт расплавление смеси. Во всех промышленных испытаниях на такой установке расход кислорода на плавку составлял 210–250 м³ на тонну концентрата. Отходящие газы содержали 80–85 % сернистого ангидрида, меди в шлаках было не более 0,4 %, а цинка до 3,5 %. Это подтвердило большую перспективность кивцэтного процесса для переработки полиметаллического сырья.

Указанные процессы также экономично применять для переработки медных концентратов с небольшим содержанием в них цинка, свинца и других «летучих» металлов. Плавка в печи с погружённым факелом отличается от приведённых выше процессов тем, что плавление сульфидного сырья происходит в расплаве — в шлаковой зоне.

Определение наиболее эффективного направления для переработки сырья цветных металлов зависит от характера сырья и экономико-географических условий районов. Общим достоинством всех автогенных процессов является более высокая комплексность использования сырья с отходящими газами и значительное снижение выбросов серосодержащих газов и пыли в атмосферу.

Во ВНИИцветмете и Казпроцветмете на полупромышленных установках производительностью до 20 т/сут отработан принципиально новый факельный способ переработки полиметаллических руд (рис. 3.13).

Сущность процесса состоит в следующем. Концентраты с влажностью до 1,0 % вместе с другими компонентами шихты

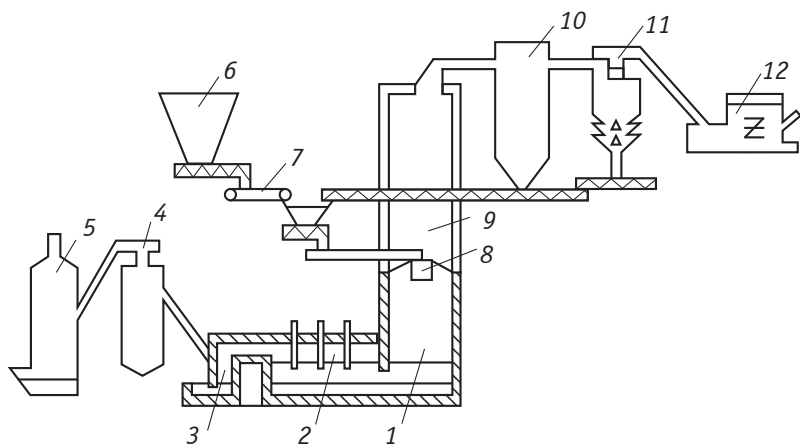


Рис. 3.13. Принципиальная схема установки факельной плавки:

- 1 — факельная зона; 2 — электропечь; 3 — конденсатор;
 4 — инерционный пылеуловитель; 5 — скруббер; 6 — бункер
 для шихты; 7 — весоизмеритель; 8 — горелка;
 9 — воздухоохладительный насос;
 10 — инерционный пылеуловитель; 11 — циклон; 12 — электрофильтр

и техническим кислородом через вертикальную горелку подают в плавильную (факельную) зону агрегата. Там происходит автогенный процесс воспламенения сульфидов. В плавильной зоне печи получают расплав и концентрированные серосодержащие газы (40–50 % SO_2). Расплав через сифон поступает в электротермическую часть агрегата, где происходит его расплавление, восстановление и возгонка из шлака цинка и других «летучих» металлов с получением металлического цинка и возгонов. Серосодержащие газы после очистки направляют на производство серной кислоты. Пыли возвращаются в процесс и при необходимости могут направляться в гидрометаллургическую переработку. Извлечение свинца и цинка в черновые металлы на этой установке составляет соответственно 96,0 и 85,0 %.

Одним из важнейших направлений комплексного использования сырья является гидрометаллургическая технология, которая имеет перед пирометаллургическими способами значительные преимущества. Общеизвестно, что с помощью гидрометаллургических процессов можно рентабельно перерабатывать

бедное по содержанию основных металлов сырьё. Эта технология обеспечивает более высокий коэффициент комплексности использования сырья и извлечение из него ценных компонентов, снижение безвозвратных потерь металлов и более полную очистку стоков и растворов от цветных и редких металлов. Большинство гидрометаллургических процессов осуществляется непрерывно, а поэтому легче поддаётся автоматизации. Кроме того, они, по сравнению с пирометаллургическими способами переработки, характеризуются значительно меньшими капитальными затратами и низкими расходами топлива и электроэнергии.

В связи с этим в последние годы наблюдается интенсивное развитие гидрометаллургических процессов в цветной металлургии. Так, в зарубежных странах из 6 млн т общего производства меди более 800 тыс. т получают гидрометаллургическим способом. В нашей стране накоплен большой промышленный опыт получения металлов на основе сорбционной и экстракционной технологий, а также применения автоклавных и бактериальных способов выщелачивания. Продолжает развиваться гидрометаллургическая технология в никель-кобальтовом производстве, по извлечению меди, золота и других металлов.

3.7.3. Перспективные технологии переработки отходов цветной металлургии

Внедрение в цветной металлургии новых технологических процессов позволит резко поднять производительность предприятий и снизить образование отходов производства. Однако эти процессы не предназначены для переработки имеющихся на предприятиях и хранящихся в отвалах и хранилищах отходов, накопленных в течение длительной эксплуатации действующих агрегатов.

Применяемые в настоящее время на предприятиях цветной металлургии способы переработки шлаков и шламов не позволяют в полной мере извлечь все ценные содержащиеся в них компоненты, а оставшиеся после извлечения ценных металлов продукты не все находят квалифицированное применение [17; 21].

Разрабатываемый перспективный технологический процесс переработки различного сырья в чёрной металлургии, в том числе и отходов, с помощью энергометаллургического агрегата РЭМ-75 может быть использован и для переработки твёрдых отходов цветной металлургии. Получаемые в процессе плавки медистый чугун и обеднённый шлак найдут эффективное применение в народном хозяйстве, медистый чугун — в машиностроении, а обеднённый шлак — для различных строительных материалов и изделий. При этом способе переработки из сырья практически полностью извлекают ценные металлы: цинк, свинец, золото, серебро и другие.

Разработана также технология обеднения шлаков по меди, никелю, кобальту, золоту, серебру и другим ценным компонентам восстановительно-сульфидирующими комплексами (ВСК). В качестве ВСК могут быть использованы руды и концентраты, обогащённые медью и благородными металлами, промпродукты обогащения, пиритные огарки, высокожелезистые разновидности руд цветных металлов, шлаков, кеков, а также ферромагнитный концентрат от обогащения клинкера и многие отходы угольной и коксохимической промышленности.

Технология обеднения шлаков при помощи ВСК внедрена в промышленных условиях применительно к послефьюминговым шлакам на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате, в полупромышленных условиях — к никелево-кобальтовым шлакам Режского никелевого завода.

Одним из перспективных процессов комплексной безотходной переработки шлаков и оксидных или обожжённых сульфидных полупродуктов является способ цементации науглероживаемым жидким чугуном, разработанный в АН Казахстана совместно с НИИцветметом, МИСиСом и ДОННИИчерметом.

Этим способом в одну стадию наиболее полно и с высокой скоростью можно извлечь из жидких или твёрдых шлаков цветные, редкие, рассеянные металлы и до 85 % железа, пререводя их либо в возгоны, либо в черновой чугун, выход которого от перерабатываемых шлаков цветной металлургии может достигать 40 %.

Цементационный процесс универсален и позволяет извлекать металлы из любых оксидных расплавов (шлаков окисленных

или обожжённых сульфидных руд, оксидных промпродуктов), в какой бы форме они ни содержались в сырьё.

Применение способа науглероживаемого чугуна позволяет перерабатывать шлаки при температуре более 1 200 °С с глубоким извлечением железа, а получаемые обеднённые шлаковые расплавы содержат, мас. %: оксида кальция 28–40, диоксида кремния 40–56, оксида магния 3–5, оксида алюминия 5–10 и железа 6–12. Такие шлаки пригодны для получения широкого ассортимента стройматериалов.

Медистые чугуны с содержанием серы 0,07 % и меди до 2 %, обладающие улучшенными физико-механическими и антикоррозийными свойствами, после легирования могут быть переработаны в различные марки сталей.

Предварительные технико-экономические показатели цементационного способа глубокого обеднения шлаков позволяют рекомендовать организацию на его основе безотходной переработки шлаков, после доработки его аппаратурного оформления и создания головных агрегатов по деметаллизации шлаков и рафинированного чернового чугуна от серы и благородных металлов.

Проведёнными исследованиями влияния на процесс обеднения шлаков автогенной плавкой ПЖВ с применением вибрационного воздействия на расплавленный шлак было показано, что данная оксидная часть обогащается по сравнению с основной массой шлака по кальцию в 3, алюминию в 4, а по железу в 7 раз быстрее. Обработка расплавленных шлаков вибрацией создаст определённые предпосылки для разработки технологии внепечного обеднения шлаков.

Не менее перспективен способ обеднения шлаков с применением восстановительной плазмы. Испытания на рудотермической печи опытно-экспериментального завода (г. Рязань) с использованием плазменных дутьевых агрегатов мощностью 150 и 250 кВт по восстановительному обеднению шлаков показали положительные результаты.

При проведении процесса обеднения шлака в оптимальном дутьевом режиме были достигнуты следующие результаты: расход природного газа 20 м³/т шлака, расход электроэнергии 300 кВт/ч, производительность процесса 4,2 т/ч. Из этих дан-

ных видно, что процесс плазменного восстановления шлака по технико-экономическим показателям превосходит известные аналоги, применение плазмотронного дутьевого агрегата мощностью 1 МВт позволит создать совместно с автогенной плавкой ПЖВ высокопроизводительный процесс обеднения шлаков различного состава и свойств.

Наиболее полное извлечение ценных металлов из различных видов отходов достигается путём совмещения основных действующих технологий с комплексной переработкой сырья, внедрённой на Ревдинском металлургическом холдинге [21]. Сущность технологии состоит в обработке отходов на первой стадии отработанными травильными растворами или цинко-медными электролитами, а на второй стадии — в очистке и выделении мелкодисперсной меди путём её восстановления из полученных растворов изгарью в заданном диапазоне рН. Из отходов, обработанных такими способами, практически полностью извлекаются ценные металлы.

Однако приведённая технология не может применяться к очистке отходов с низким содержанием ценных или нескольких металлов из-за высоких расходов реагентов и энергетических затрат. В связи с этим для извлечения ценных металлов, содержащихся в отходах в небольшом количестве, применяются приведённые далее способы.

Так, для полного извлечения цинка из цинкового огарка в раствор исходное сырьё обрабатывают цинксодержащим серно-кислым раствором с подачей воздуха и добавкой полиакриламида в количестве 0,1–0,5 л/м³ (а. с. № 1632995), а отгонку рения из ренийсодержащих пылей и шламов эффективно проводят после предварительного обжига гранулированных отходов при температуре 750–850 °С горячими газами с содержанием сернистого газа не менее 5 % (заявка № 939465525). Эффективно также извлечение цинка из отходов производить путём обработки их серной кислотой, а получаемые растворы очищать от примесей обработкой ломом кислотных аккумуляторов (а. с. № 2059006) или нейтрализацией раствора щелочным агентом до рН 5–9 (заявка № 93012773). Очистку раствора сульфата цинка от кадмия можно осуществлять сорбцией кадмия акти-

вированным углем (а. с. № 2057713), а извлечение благородных металлов — путём обработки сырья раствором цианида натрия или калия и жидким хлоридом серы (а.с. № 2059008).

Широко применяющиеся для извлечения цветных металлов из сырья биотехнологии могут быть использованы и для обеднения промышленных отходов, в которых цветные металлы остались как сопутствующие после извлечения из руд основного компонента, например, железа.

Несмотря на внедрение в действующем производстве цинка новых технологий и высокую степень извлечения цинка из сырья, не все отходы нашли применение в промышленности. К таким отходам относится получаемый в процессе вельцевания цинковых кеков отходный клинкер из-за высокого содержания в нём железа и углерода, и шламы, получаемые при нейтрализации сточных вод [17].

Применять такие отходы можно после их обжига в восстановительной атмосфере при температуре 300–900 °С до полного выгорания углерода и отмагничивания железа. Полученное металлическое железо можно применять как восстановитель в шахтной плавке цинкосодержащих концентратов, а обогащённый по содержанию цветных металлов продукт использовать как добавку к цементу.

3.8. Обоснование пригодности отходов для получения огнеупорных и теплоизоляционных материалов

Общим требованием к сырью, применяемому для изготовления огнеупорных и теплоизоляционных материалов, являются высокая прочность и низкая теплопроводность изделий на его основе, а также повышенная термостойкость [15; 17]. Для оценки качества пригодности сырья при изготовлении жаропрочных материалов применяют условный коэффициент стойкости (УКС), определяемый по формуле

$$\text{УКС} = \frac{0,9\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,2\text{MgO}}{\text{CaO}}, \quad (3.1)$$

где SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO — массовая доля оксидов в сырье, %. Зная размер условного коэффициента, можно определить температуру применения материалов и изделий, получаемых из указанного сырья. Так, при УКС, равном до 1,0, сырьё можно применять для получения изделий, эксплуатируемых при температуре до 700 °С (тяжело- и легковесных огнеупоров, среднетемпературных замазок, термоизоляции и т. д.), а при УКС > 1,5 — до температуры 800–900 °С и выше для изготовления высокотемпературных жаропрочных бетонов и замазок, порошков для горячего и огневого торкретирования печей и ковшей, высокотемпературной термоизоляции и т. д. Для производства огнеупорных и строительных материалов применяют горные породы (осадочные, изверженные и метаморфические), а также некоторые минеральные промышленные отходы, такие как металлургические и топливные шлаки и золы, а в качестве связующего используют суспензию из каолиновой или бентонитовой глины, диатомита или трепела. Чаще всего применяется шихта из различных компонентов, которая должна обеспечивать необходимую вязкость раствора и долговечность изделия [15; 54].

По стандарту модуль кислотности определяют по следующей зависимости:

$$M_k = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}. \quad (3.2)$$

Модуль должен быть не менее 1,6 для высшей и не менее 1,2 для первой категории качества. С повышением модуля кислотности увеличивается долговечность изделий, так как становится больше её химическая стойкость и, в частности, водостойкость.

В случаях применения для изготовления огнеупорного материала горных пород (осадочные, изверженные и метаморфические), а также некоторых минеральных промышленных отходов, такие как металлургические и топливные шлаки и золы, в качестве связующего используют в основном органические вещества — синтетические смолы (фенолоспирты, фенолоформальдегидные и карбамидные смолы), крахмал, эмульсию

из битума марок III и V, получаемую расплавлением его при 175–180 °С с добавкой канифоли. Одновременно готовят суспензию из каолиновой или бентонитовой глины, диатомита или трепела. Из композиционных связующих чаще всего применяют битумно-бентонитовое, крахмально-бентонитовое, смеси фенолоспиртов с полиэтилацетатной эмульсией и другими пластификаторами, применяемыми для снижения хрупкости отверждающей плёнки материала.

Не менее важным показателем, определяющим пригодность отходов для получения огнеупорных материалов, является дисперсность, содержание водорастворимых, токсичных веществ и различных примесей [54]. Чаще всего применяется шихта из различных компонентов, которая должна обеспечивать необходимую вязкость расплава и долговечность получаемых изделий.

При выборе состава шихты нельзя допускать, во-первых, слишком большой её вязкости при термической обработке, во-вторых, низкого содержания в шихте кислых оксидов в ущерб долговечности изделий. Расчёт модуля вязкости проводят с учётом молекулярного количества всех оксидов M_n по следующей формуле [15]:

$$M_B = \frac{M_{\text{SiO}_2} + 2M_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{2M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + M_{\text{FeO}} + M_{\text{CaO}} + M_{\text{MgO}} + M_{\text{K}_2\text{O}} + M_{\text{Na}_2\text{O}}}. \quad (3.3)$$

При решении этой задачи рассчитывают серию химических составов с различными значениями M_B , начиная от критического для имеющегося оборудования (1,2 или 1,4) и ниже, и устанавливают значение M_B , обеспечивающее необходимый показатель рН. Значение рН рассчитывают по эмпирическим уравнениям справочной литературы.

При производстве огнеупорных материалов из неорганического сырья сложным является общий для всех видов огнеупоров технологический передел — получение качественных силикатных расплавов. Во всех случаях происходят процессы силикато- и стеклообразования, которые начинают медленно протекать в материалах в твёрдом состоянии при относительно низких температурах (400–600 °С). Интенсификация про-

цессов начинается при появлении жидкой фазы, образующейся при плавлении легкоплавких компонентов, и возникновении эвтектических соединений [15].

Одним из факторов, обеспечивающих протекание реакций, является поверхность контакта зёрен: чем она больше, тем быстрее протекают реакции такого типа. В связи с этим измельчение компонентов шихты ускоряет силикатообразование и реакцию гомогенизации расплава, которая необходима для получения стабильных свойств изделий.

На свойство расплавов оказывают влияние следующие оксиды:

SiO_2 — повышает вязкость расплавов и химическую стойкость изделия в любых средах;

V_2O_3 — оказывает сильное флюсующее действие, уменьшая поверхностное натяжение расплава и температуру верхнего предела кристаллизации, что значительно улучшает свойства изделий, повышает их устойчивость к воде, но понижает устойчивость к кислотам и щелочам;

Al_2O_3 — повышает вязкость и поверхностное натяжение расплавов, прочность и модуль упругости изделия, а также стойкость в воде, кислото- и температуростойкость;

Fe_2O_3 — снижает вязкость расплава, повышает поверхностное натяжение и химическую устойчивость изделий;

CaO , MgO — при высоких температурах понижают вязкость расплава, повышают склонность к кристаллизации. При содержании CaO , равном 45 %, вязкость возрастает, так как образуется C_2S . MgO при его 9 %-м и более содержании приводит к значительному повышению химической стойкости изделий;

TiO_2 — улучшает химическую устойчивость ко всем средам, является хорошим плавнем и значительно снижает вязкость расплава, но повышает склонность к кристаллизации;

ZrO_2 — очень сильно повышает устойчивость ко всем средам и является единственным оксидом, который делает многокомпонентные стёкла устойчивыми к щелочам; увеличивает тугоплавкость расплава и повышает склонность к кристаллизации;

ZnO — в небольших количествах оказывает положительное влияние на химическую устойчивость, снижает вязкость и уменьшает склонность к кристаллизации;

FeO — снижает вязкость и начальную температуру разрушения изделий, одновременно повышая температуру спекания;

MnO — в небольших количествах увеличивает химическую устойчивость, снижает вязкость и склонность к кристаллизации;

Na₂O, K₂O, LiO — являются плавнями и снижают склонность к кристаллизации, в то же время они уменьшают устойчивость изделий в воде, причём совместное введение этих оксидов в меньшей степени снижает химическую стойкость.

Расплав для получения огнеупоров, в том числе рядовой минеральной ваты, состоит из следующих оксидов: SiO₂ — 35–60; Al₂O₃ — 5–15; CaO — 20–35 и MgO — 5–15 %. В расплаве в небольшом количестве могут присутствовать Fe₂O₃, FeO, Na₂O, K₂O и MnO.

Глава 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

4.1. Применяемые методы и аппараты для очистки промышленных выбросов

4.1.1. *Применяемые аппараты для очистки промышленных выбросов*

Как указывалось ранее, загазованность атмосферы, особенно в крупных городах области, высокая и продолжает расти, что объясняется выбросами промышленных предприятий и неудовлетворительной очисткой выбросов не только от тонкодисперсной пыли, но и от различных токсичных газов.

Для очистки отходящих газов печей и промышленных выбросов в зависимости от содержания в них пыли, жидких и газообразных частиц на предприятиях применяются следующие системы очистки.

1. Сухие или механические пылеуловители, в которых частицы пыли отделяются от газа с помощью механической силы.
2. Мокрые методы очистки в колонных аппаратах, в которых частицы пыли отделяются от газа путём промывки газа жидкостью, чаще всего водой.
3. Различного типа фильтры, задерживающие пыль при пропускании очищаемого газа через аппараты.
4. Электрофильтры, в которых отделённые тонкодисперсные частицы из газового потока, не уловленные в циклонах, осаждаются на электродах под действием электрических сил [20; 26; 67].

Каждый из применяемых видов пылеуловителей обладает специфическими особенностями и в зависимости от степени загрязнения газов и требований к очистке используется в отдельности или комбинированно. В случае повышенного содержания пыли в очищенном газе используют последовательно пылеуловители и электрофильтры. Для очистки воздуха от туманов (например, кислот, щелочей и жидкостей) применяют системы фильтров-пылеуловителей.

Для очистки выбросов от тонкодисперсных примесей применяются различной конструкции улавливающие аппараты, работающие по принципам:

- инерционного осаждения частиц путём резкого изменения направления вектора скорости движения газового потока, в результате чего твёрдые частицы под действием инерционных сил будут стремиться двигаться в прежнем направлении и попадать в приёмный бункер;

- осаждения частиц под действием гравитационных сил из-за различной кривизны траекторий движения составляющих выброса (газов и частиц), вектора скоростей движения которых направлены под разным углом ;

- осаждения частиц под действием центробежных сил путём придания газовому потоку вращательного движения внутри циклона, в результате чего твёрдые частицы, обладающие ускорением в тысячи раз выше ускорения силы тяжести, отбрасываются центробежной силой к сетке, что позволяет удалять из потока даже весьма мелкие частицы;

- механической фильтрации газового потока через пористую перегородку (с волокнистым, гранулированным или пористым материалом), на которой аэрозольные частицы задерживаются перегородкой, а газовая составляющая полностью проходит через неё.

4.1.2. Применяемые методы для очистки отходящих газов от тонкодисперсной пыли

Наибольшее применение в промышленности для очистки газов находят сухие пылеуловители, важнейшими из них являются циклоны, пылеотделители и пылеуловители различной конструкции [20; 26; 67]. Эффективность очистки отходящих газов от пыли зависит от дисперсности частиц и конструкции аппаратов.

Характеристика применяемых аппаратов для очистки промышленных выбросов приведена в табл. 4.1.

Простой конструкцией обеспыливающих систем являются центробежные циклоны инерционного типа. Особенность таких циклонов заключается в их высокой герметичности.

**Влияние дисперсности пыли и конструкции аппаратов
на эффективность очистки газов**

Пылеуловитель	Эффективность в % при размере частиц, мкм:			
	50	10	5	1
Высокоэффективные циклоны	96	85	67	10
Батарейные циклоны	100	96	89	20
Скрубберы с орошением	99	96	95	35
Пенный аппарат	100	94	88	60
Сухой электрофильтр	99	98	92	88
Тканевые фильтры	100	99	99	99

В промышленности применяется четыре типа различной конструкции аппаратов:

- осевые, в корпусе которых входящие и выходящие газовые потоки движутся вдоль оси, в одном или в противоположном направлениях;

- тангенциальным входом, в котором газовый поток движется по касательной к окружности переменного сечения корпуса аппарата и перпендикулярно к оси корпуса;

- с винтовым входом, когда движение входящего газа приобретает винтовой характер с помощью тангенциального входного патрубка и крышки с винтовой поверхностью;

- со специальным входом газового потока, когда соединение выпускного патрубка с корпусом аппарата изготовлено спирально.

Во всех случаях частицы пыли под действием центробежной силы в процессе вращения газового потока выделяются в циклоне. Эффективность очистки применяемых в промышленности циклонов со скоростью газового потока от 5 до 20 м/с зависит от концентрации пыли и размеров её частиц и резко уменьшается при снижении этих показателей. Средняя эффективность обеспыливания газов в циклонах составляет 0,98 при размере частиц пыли 30–40 мкм; 0,8 — при 10 мкм и 0,6 — при 4–5 мкм. Применяются также циклоны высокой производительности, изменяемой от сотен до десятков тысяч м³/ч.

Преимущество циклонов — простота конструкции, небольшие размеры, отсутствие движущихся частей; недостатки —

высокие затраты энергии на вращение газового потока и большой абразивный износ частей аппарата пылью.

Кроме циклонов для очистки газов применяются также другие типы сухих пылеуловителей: ротационные, вихревые, радиальные, различие которых состоит в системе и способе пылеулавливания газового потока. К наиболее эффективным пылеуловителям относятся ротационные аппараты.

Широкое практическое применение в промышленности находят также скрубберы Вентури, эффективность которых при расходе воды 0,4–0,6 л/м³ составляет 0,97–0,98.

Более простой конструкцией являются полые скрубберы, представляющие собой колонну круглого сечения. В верхнюю часть колонны через форсунки подаётся жидкость навстречу потоку очищаемого газа. В насадочном скруббере используется система поперечного орошения с наклонно установленной насадкой. Эффективность таких скрубберов достигает 0,9.

Высокая эффективность в скрубберах обеспечивается ударно-инерционным действием. В таких скрубберах контакт газов с жидкостью осуществляется при ударе газового потока с поверхностью жидкости с последующим продавливанием газожидкостной суспензии через отверстия различного размера сетки или непосредственным отводом этой смеси в сепаратор жидкой фазы.

Однако все эти аппараты не обеспечивают полного улавливания тонкодисперсной пыли. Для очистки промышленных выбросов, содержащих тонкодисперсную пыль, применяются различной конструкции фильтры, принцип очистки в которых основан на фильтровании газа через пористые перегородки и улавливании на них твёрдых частиц пыли.

В фильтрах в зависимости от степени загрязнения газа применяются перегородки следующих типов:

- в виде зернистого материала (гравия, песка, отходов от дробилок, грохотов, мельниц);
- из гибких пористых тканей, войлока, губчатой резины, пенополиуретана и т. д.;
- из пористых материалов (вязаных сеток, прессованных материалов, стружки);

– из жёстких пористых материалов (керамики, металла).

Фильтровальные материалы первого типа дешёвы, экономичны в эксплуатации, эффективность применения таких материалов в фильтрах достигает 0,99.

Фильтровальные материалы второго типа широко применяются для очистки газов от тонкодисперсной пыли. Основной недостаток таких фильтровальных материалов — низкая термостойкость и недостаточная прочность.

Фильтровальные материалы третьего типа, изготовленные из различных сталей, меди, бронзы, никеля и т. д., могут применяться в широком интервале температур до 1 000 °С и в агрессивных средах.

Фильтровальные материалы четвёртого типа, изготавливаемые из пористой керамики и пористых металлов, обладают высокой прочностью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью. Они технологичны и поэтому широко применяются для очистки горячих газов, дыма, тумана, масел.

Наибольшее применение в промышленности находят тканевые рукавные фильтры. При очистке газов такими фильтрами частицы пыли оседают на тканях. Насыщенные загрязняющими частицами пыли ткани продувают или встряхивают для удаления осаждённых на них частиц пыли. Эффективность таких фильтров 0,99 для частиц пыли размером более 0,5 мкм.

Большое применение в промышленности находят также электрофильтры. Они применяются для очистки газов не только от пыли, но и от тумана. Основной принцип их работы — ионизация газа в неоднородном электрическом поле, которое создаётся в зазоре между коронирующим и осадительным электродами.

Загрязнённые газы, попав между электродами, обладают электропроводностью в связи с тем, что частицы пыли ионизированы. Предельное насыщение не наступает до тех пор, пока все ионы не будут вовлечены в движение от одного электрода к другому. Отрицательные частицы движутся к осадительному электроду, а положительно заряженные оседают на коронирующем электроде. Так как большинство частиц пыли заряжается отрицательно, основная масса пыли осаждается на положительном электроде, с которого пыль легко удаляется.

Эффективность очистки газов в электрофильтрах достигает 0,9–0,99, а их производительность — 1 млн м³/ч.

Основными типами промышленных сухих (для отделения твёрдых частиц) и мокрых (для отделения капель) электрофильтров в зависимости от формы осадительного электрода являются трубчатые и пластинчатые.

В трубчатом электрофильтре осадительные электроды изготовлены в виде цилиндрических или шестигранных (сотовых) труб и соединены внизу с камерой подачи, а сверху — с камерой отвода очищенного газа. Отрицательно заряженные (коронирующие) электроды в виде проволоки с грузом расположены по осям труб и закреплены в нижней части в решётке, препятствующей их колебанию, а в верхней — присоединены к раме, подвешенной через изоляторы. Осадительные электроды заземлены с помощью устройства. Уловленная пыль в сухих электрофильтрах удаляется в бункер встряхиванием с помощью приспособлений, в мокрых — стекает в виде плёнки в бункер.

В пластинчатых электрофильтрах осадительные электроды, изготовленные в виде плоских или волнистых пластин (сеток), расположены параллельно друг другу внутри камеры и прикреплены к общей раме. Коронирующие электроды связаны в нижней части рамой с грузами.

Для перекачки отработанных и дымовых газов, а также природного, коксового, доменного и генераторного газов применяются турбогазодувки различного типа. В зависимости от создаваемого напора их условно различают: вентиляторы (напор 1–3 кПа и реже до 10 кПа); турбогазодувки (напор 30–40 кПа, реже 0,3 МПа).

Вентиляторы по принципу действия и устройству аналогичны центробежным насосам и состоят из кожуха, в котором вращается рабочее колесо с загнутыми лопатками. Под действием центробежной силы газ выбрасывается из межлопаточных каналов в спиральный кожух, а затем в напорный трубопровод. В связи с тем, что газ имеет незначительную плотность, действующая на него центробежная сила мала, а достигаемая величина напора невелика. Различают вентиляторы низкого (напор до 1 кПа), среднего (напор 1–3 кПа) и высокого давления (напор выше 3 кПа).

4.1.3. Особенность очистки выбросов от токсичных газовых примесей

Газообразные вещества из общего газового потока перечисленными выше методами отделить практически невозможно. В таких случаях применяются различные физико-химические методы. Одним из распространённых является абсорбционный метод, основанный на подборе такой жидкости, при прохождении через которую вредная примесь переходит в жидкую фазу абсорбента, растворяясь в нём (физическая абсорбция) или взаимодействуя с ним (химическая абсорбция) [20; 26; 67].

Физическая абсорбция применяется для очистки природных газов и газов, получаемых при производстве водорода, от сероводорода, диоксида углерода с использованием сульфата, пропиленкарбоната. Для удаления из технологических выбросов таких газов, как аммиак, хлористый водород, целесообразно применять в качестве поглотительной жидкости воду. Для улавливания водяных паров наиболее экономично использовать серную кислоту, различные масла ароматических углеводородов из коксового газа.

Метод химической абсорбции (хемосорбции) основан на поглощении газов и паров твёрдыми или жидкими поглотителями с образованием химических соединений. Реакции хемосорбции экзотермические.

Второй, также распространённый метод для выделения загрязняющих газообразных веществ из промышленных выбросов — адсорбция.

Адсорбция — это диффузный процесс, в котором повышенная концентрация газообразного вещества образуется на границе раздела фаз в результате связывания этого вещества на поверхности твёрдого или жидкого соединения. Адсорбция может быть также физической и химической. Физическая адсорбция — это процесс, когда между молекулами адсорбированного вещества и адсорбентом не происходит химических реакций, в отличие от него, при хемосорбции происходит химическое взаимодействие адсорбента и адсорбата.

При физической адсорбции адсорбированное вещество можно полностью удалить при обратном процессе (десорбции), на-

пример, понизив давление или повысив температуру. Адсорбент возможно применять повторно в циклическом процессе, а отделённое вещество подвергать дальнейшей обработке или применять непосредственно по назначению. В связи с этим практически процесс физической адсорбции включает три стадии: контактирование газа с адсорбентом, десорбцию адсорбированного вещества и использование адсорбента после его регенерации.

Метод физической адсорбции находит применение прежде всего там, где в процессе производства теряются с выбросами ценные продукты (растворители). В качестве адсорбентов применяются активированный уголь, силикагель, глинозём, бентонит, оксид алюминия и др.

Образующиеся при хемосорбции вещества возвратит невозможно ни снижением давления, ни повышением температуры. Этот процесс необратим. Кроме того, так как этот процесс протекает в тонком слое адсорбента, то для снижения расхода ценных продуктов при изготовлении адсорбентов они наносятся тонким слоем на поверхность инертного менее дефицитного вещества (оксида кремния, каолинита и т. д.).

Иногда загрязняющие вещества промышленных выбросов можно перевести в безопасное состояние реакциями окисления-восстановления при различных условиях. При этом получаемые продукты являются либо конечными, либо промежуточными и становятся пригодными после специальной обработки (применение катализаторов). Так, например, с помощью катализатора диоксид серы переводят в триоксид серы, который улавливается затем в дальнейшем процессе.

Каталитическое окисление (сжигание) экономически выгодно при необходимости очистки смеси, когда она либо не горюча, либо процесс горения возможен при предварительном нагреве смеси до высокой температуры (до 800 °С). Применение катализаторов обеспечивает быстрое и практически полное протекание химических процессов при низкой температуре. Каталитические методы очистки промышленных отходящих газов применяются в производстве лаков, акрилатов, красок, синтетического каучука и т. д. В качестве катализаторов применяются

металлы или их соединения (платина, оксиды меди, марганца, хрома, цинка и т. д.).

Значительно реже для выделения из промышленных выбросов загрязняющих газов применяется термический метод, сущность которого состоит в высоко температурном дожиге токсичных веществ. Одно из важнейших требований к такому процессу — для обеспечения полного сжигания в процессе дожига токсичных газов необходимость поддерживать избыток кислорода. Такой метод применяется для сжигания отходов углеводородов, оксида углерода, выбросов лакокрасочного производства и т. д. Эффективность очистки достигает 0,9–0,99, температура зоны горения 500–750 °С [26].

Все эти методы в основном применяются для очистки газов от повышенной или высокой концентрации токсичных газов. Для очистки печных газов и дымовых продуктов с низкой концентрацией токсичных газов необходимо в зависимости от их химического состава применение специальных технологий и оборудования.

4.1.4. Перспективные методы очистки промышленных газов от низкопроцентных газообразных примесей

Для очистки промышленных газов с низкой концентрацией токсичных примесей требуется применение специального оборудования и реагентов, обладающих высокой абсорбционной способностью. Так, например, известен метод извлечения хлора из промышленных газов сорбцией путём пропускания их через слой меламина в присутствии водяного пара при объёмной скорости 0,033–0,1 м/с и последующей термодесорбцией меламина (а. с. № 1754186; 1990). При сорбции хлора из отходящих газов меламинам протекает следующая реакция [28; 34]:



Десорбция хлора проводится в специальном аппарате при нагревании соли до температуры 500–600 °С. Однако этим методом производится только извлечение хлора из газов и требуются значительные затраты по подготовке к использованию уловленных продуктов, особенно при низком содержании хлора.

Этот метод также неэкономичен из-за высокой стоимости меламина.

Наиболее эффективным реагентом для очистки газов, образующихся при пиролизе хлорсодержащих органических отходов, может быть 20 %-я суспензия, получаемая репульпацией в воде каустического магнезита и/или доломитовой пыли, улавливаемой при прокаливании доломита при температуре 700–800 °С.

Для повышения эффективности и полноты очистки пиролизного газа от низкопроцентных токсичных примесей применён опыт работы по резкому охлаждению и очистке от различных примесей горячего (нагретого до 700–800 °С) коксового газа, удаляемого из камер коксования путём его охлаждения в газосборнике горячей аммиачной водой, нагретой до температуры 85–95 °С [63]. Сущность применяемого процесса мгновенного охлаждения коксового газа заключается в распылении в газосборнике нагретой воды до указанной температуры в горячем коксовом газе, в результате её кипения и испарения от газа отнимается 637 кал/кг тепла и газ охлаждается до указанной выше температуры.

Учитывая этот опыт работы, предложен метод мгновенного охлаждения горячего пиролизного газа, выходящего из газогенератора с температурой 700–800 °С, путём распыления в нём нагретой до 85–95 °С указанной магнезиальной суспензии и дальнейшей циркуляцией суспензии через газосборник и скруббер. Технологическая схема охлаждения и очистки пиролизного газа от низкопроцентных токсичных примесей приведена на рис. 4.1.

При контакте горячей суспензии с горячими промышленными выбросами температура газа в результате кипения воды снижается до 90–95 °С, что позволяет значительно снизить его объём, а следовательно, и объём скрубберов и производительность газодувок и насосов, а также повысить в охлаждённом пиролизном газе концентрацию токсичных веществ. При таких условиях повышается степень связывания соединений хлора и значительно снижаются затраты на очистку промышленных выбросов. При контакте суспензии с примесями хлора будет протекать следующая реакция [22; 47]:



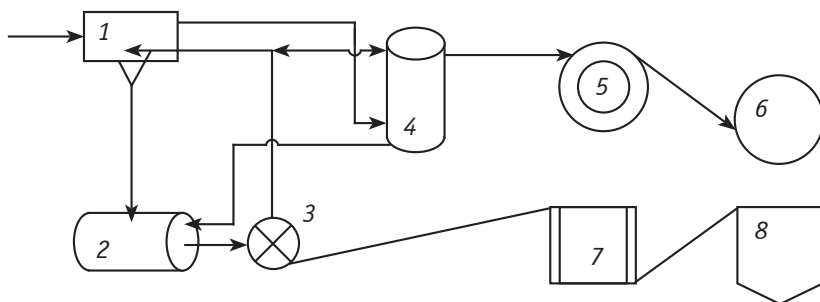


Рис. 4.1. Технологическая схема охлаждения и очистки пиролизного газа:

1 — газосборник с гидрозатвором; 2 — ёмкость для магниезальной суспензии; 3 — насос для циркуляции суспензии; 4 — скруббер для улавливания примеси с гидрозатвором; 5 — газодувка для отсасывания очищенного газа; 6 — газгольдер; 7 — распылительная сушилка, бункер готовой продукции; 8 — бункер для бишофита

При охлаждении газа в скруббере могут образовываться в зависимости от состава суспензии и условий кристаллогидраты различного состава, что видно из табл. 4.2 [34].

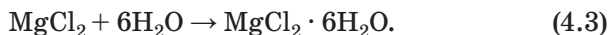
Таблица 4.2

Характеристика кристаллогидратов и условий их образования

Соль	Формула кристаллогидрата	Содержание соли в кристаллогидрате, %	Начало кристаллизации, °С	Пределы устойчивости, °С
Хлорид магния	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	46,79	116,7	-3,4–116,7
	$MgCl_2 \cdot 4H_2O$	56,88	181,5	116,7–181,5
	$MgCl_2 \cdot 2H_2O$	72,51	240,0	181,5–240,0
	$MgCl_2 \cdot H_2O$	84,07	285,0	240,0–285,0

Суспензия циркулирует постоянно до повышения в ней содержания 45 %-й концентрации хлорида магния, не допуская его кристаллизации (кристаллизация начинается при содержании хлорида магния около 46,79 %). После достижения 45 %-й концентрации указанной соли в суспензии обработку газа в скруббере проводят новой свежей суспензией из резервного отстойника. Выведенную из цикла суспензию подвергают обработке при температуре 105–110 °С в распылительной сушилке, в результате чего образуются кристаллогидраты бишофита.

При обработке суспензии протекают приведённая реакция [47]:



Получаемый при очистке газов бишофит по качеству значительно выше бишофита, получаемого из подземных вод Волгоградского месторождения, что видно из приведённых данных табл. 4.3 [68].

Таблица 4.3

**Качество опытного бишофита
в соответствии с техническими условиями
и бишофита, получаемого на Волгоградском месторождении**

Параметр сравнения	По ТУ 6-154-82	Опытный образец	Волгоград- ское место- рождение
Массовая доля $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, %, не менее	90,0	91,0	89,0
Массовая доля $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, %, не менее	1,0	1,0	1,0
Массовая доля NaCl , %, не более	4,0	–	8,6
Массовая доля $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, %, не более	–	1,5	1,0
Массовая доля солей, %, не более	3,0	1,0	1,0
Массовая доля влаги, %, не более	2,5	2,5	1,0
Дисперсность, мм, не более	50,0	50	50,0

В связи с тем, что хлорид магния обладает высоким вяжущим свойством, наиболее целесообразно его использовать для изготовления высокого качества магниезиальных строительных изделий и материалов.

4.1.5. Рекомендуемый метод очистки промышленных выбросов от низкопроцентных сернистых газов

Известен способ очистки отработанных газов от диоксида серы путём абсорбции его триоксидом серы при температуре 17–44 °С под избыточным давлением с последующей промывкой отходящего газа водой или серной кислотой, а насыщенный диоксидом серы перерабатывают в серную кислоту. При осуществлении абсорбции по циклической схеме часть абсорбента, насыщенного SO_2 , выводят из цикла, выделяют из раствора диоксид серы, а адсорбент возвращают в цикл (патент РФ

№ 2081683; 1997). Однако этот способ не может быть использован для очистки пиролизного газа от низкопроцентных сернистых газов в связи с длительностью процесса и высокими затратами на производство серной кислоты.

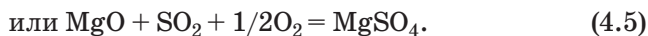
Известно применение также далее приведённых методов, в которых для извлечения сернистых газов применяются дешёвые реагенты — отходы производств.

Метод очистки газов от сероводорода и диоксида серы путём применения в качестве сорбента суспензии совместно осаждённых гидроксидов железа (III) и хрома (III) — отхода хромосодержащих растворов сульфата железа (II) хроматного производства, в которую вводят щелочной реагент при поддержании рН раствора, равного 9,5–12, при массовом соотношении Ж: Т_{вл} = 2–4 (при отношении $\text{Fe}(\text{OH})_3$: $\text{Cr}(\text{OH})_3$ в пределах 3,3–3,6) (а. с. № 1754183; 1992).

Также для очистки печных газов производства сульфида натрия от сероводорода и диоксида серы применяется их промывка при рН, равного 7,5–10,0, суспензией, полученной при репульсации в воде шлама — отхода производства сульфида натрия со стадии его отмывки и предварительно обработанной сульфатом железа. Суспензию готовят при массовом соотношении «вода : шлам» в пределах 4–9 : 1, предпочтительно 5,6 : 1 (патент РФ а. с. № 2054307; 1996). Однако и этот метод имеет следующие существенные недостатки: нет решения по использованию получаемых при очистке печных газов суспензий, а также практически невозможно проводить очистки газов на других предприятиях из-за сложности транспортировки токсичных суспензий.

Наиболее эффективным реагентом для очистки промышленных выбросов как от низкопроцентных примесей соединений хлора, так и от сернистых газов является магниезиальная суспензия 20 %-й концентрации, получаемая выше описанным способом. Очистка промышленных выбросов от указанных примесей предусматривает циркуляцию указанной горячей суспензии через газосборник и скруббер, распылением её через форсунки в пиролизном газе при температуре 85–90 °С. Технологическая схема такой очистки пиролизного газа приведена ранее на рис. 4.1.

1. При взаимодействии сернистых газов с оксидом магния образуется в зависимости от состава газа сульфат магния по следующим реакциям [34; 47]:



При охлаждении газа в скруббере могут образовываться в зависимости от состава суспензии кристаллогидраты приведённого в табл. 4.4 состава [34].

Таблица 4.4

Характеристика кристаллогидратов и условий их образования

Соль	Формула кристаллогидрата	Содержание соли в кристаллогидрате, %	Начало кристаллизации, °С	Пределы устойчивости, °С
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	35,71	20,0	20,0–48,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	48,78	20,0	20,0–48,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}^*$	52,63	48,0	48,0–87,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	57,14	92,0	87,0–92,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}^{**}$	62,50	92,0	87,0–92,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	68,96	106,0	106,0–122,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	76,92	124,0	122,0–124,0
	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	86,95	169,0	161,0–169,0

Примечание. * В интервале температур 87–92 °С $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ плавится с образованием метастабильных $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

** Твёрдый $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при температуре 106 °С переходит в $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, который при температуре 161–169 °С превращается в $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Для недопущения забивки форсунок, трубопроводов и гидрозатворов суспензию при содержании в ней сульфата магния 45 % и температуре выше 50 °С выводят из цикла, не допуская образования кристаллогидратов. При обработке суспензии в распылительной сушилке при температуре 110–120 °С образуются кристаллогидраты сульфата магния по приведённой реакции [34; 47]:



Получаемая горькая соль по качеству значительно превосходит горькую соль, вырабатываемую из морской воды Ка-

спийского моря, что подтверждается данными, приведёнными в табл. 4.5 [1].

Таблица 4.5

Качество горькой соли, получаемой из различного сыря

Показатель	По ТУ 6-58 154-82	Опытный образец	Из во- ды Кас- пийского моря
Массовая доля $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, %, не менее	1,0	1,0	1,0
Массовая доля $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, %, не менее	90,0	91,0	89,0
Массовая доля $NaCl$, %, не более	4,0	0,2	9,6
Массовая доля $FeSO_4 \cdot 6H_2O$, %, не более	–	1,0	1,0
Массовая доля растворимых солей, %, не более	3,0	1,0	1,0
Массовая доля влаги, %, не более	2,5	1,5	–
Дисперсность, мм, не более	50,0	50,0	50,0

В связи с тем, что горькая соль обладает высоким вяжущим свойством, её используют для изготовления магниезальных огнеупорных материалов и изделий различного назначения.

4.2. Снижение токсичности выхлопных газов транспорта и методы их очистки

4.2.1. Применяемые методы для очистки выхлопных газов транспорта

Одним из технических решений по снижению токсичных веществ в выхлопных газах транспорта является применение различных катализаторов и нейтрализаторов [1; 66]. В настоящее время наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, в которых в качестве катализатора используются редкоземельные элементы (платина, палладий, радий), позволяющие значительно снизить порог энергии, при котором начинаются окислительно-восстановительные реакции.

В мировой практике широкое применение находят нейтрализаторы тройного действия (CO/CH/Nox), эффективно рабо-

тающие только в автоматическом режиме, степень очистки выхлопных газов которых при 750 °С достигает 90 %. Однако практическое внедрение таких катализаторов имеет следующие недостатки:

- в случае применения этилированного бензина происходит «отравление» катализатора;
- через 80–100 тыс. км пробега требуется регенерация катализатора;
- снижается мощность двигателя на 5–7 %.

Большое внимание во всём мире уделяется также разработке и применению сажевых фильтров и каталитических дожигателей сажи для автомобилей, работающих на дизельном топливе. Сажевые фильтры позволяют снизить выбросы сажи на 60–90 %, что особенно важно в городах с интенсивным движением транспорта.

В настоящее время в ряде стран мира применяется три типа катализаторов, различающихся не только по составу, но и по устройству нейтрализаторов. В дизелях применяются только окислительные нейтрализаторы, в бензиновых двигателях — окислительно-восстановительные.

Однако катализаторы не дают должного эффекта до перехода на неэтилированный бензин, так как в случае применения нейтрализаторов повышается расход топлива на 20 % из-за преодоления повышенного сопротивления в системе, что сводит результат от применения катализаторов к нулю. Несмотря на это применение нейтрализаторов на транспорте, эксплуатируемом под землёй и в карьерах, необходимо. Зарубежный парк бензиновых автомобилей, оснащённых нейтрализаторами выбросов различного типа, превышает 100 тыс. единиц. В нашей стране нейтрализаторы различной конструкции находятся в стадии испытаний.

4.2.2. Применяемые методы для снижения токсичности выбросов транспорта

Многолетними исследованиями установлено, что наибольшее влияние на токсичность выхлопных газов оказывают постоянство состава смеси, равномерность её распределения по цилин-

драм и возможность работы на бедных смесях, что достигается усовершенствованием конструкции двигателей [1; 66].

Так, применение конструкции карбюратора системы «каскад», в которой распыление топлива происходит при высоких (близких к звуковым) скоростях, значительно улучшает процесс смесеобразования, особенно в режимах холостого хода, что снижает содержание углеводородов в выхлопных газах, а содержание СО в этом режиме находится в пределах 0,2–0,3 % по объёму.

Подогрев впускного трубопровода также приводит к улучшению процесса смесеобразования, особенно при работе ДВС на холостом ходу, малых нагрузках и в зимнее время. Эффективным методом снижения неравномерного распределения смеси по цилиндрам является применение системы непосредственного впрыска топлива, а также электронное управление впрыска топлива и использование транзисторных систем зажигания.

В дизельных двигателях количество сажи снижается с увеличением угла опережения впрыска. Установлено также, что двухкамерные (вихрекамерные и предкамерные) дизели выделяют примерно 50 % оксидов азота от выбрасываемых однокамерными машинами.

Применение бесконтактного электронного зажигания (с дополнением микро-ЭВМ) обеспечивает более мощный разряд на свечах зажигания, а микро-ЭВМ автоматически изменяет момент опережения зажигания смеси в зависимости от нагрузки на двигатель и скорости движения, оптимизирует расход топлива и состав выхлопных газов.

Снижает токсичность выхлопных газов также применение форкамерного (факельного) зажигания, сущность которого состоит в том, что в малой форкамере богатая смесь поджигается электрической искрой, а образующийся при этом мощный факел пламени зажигает основную часть более бедной рабочей смеси в цилиндре, улучшая полноту сгорания топлива и снижая его расход на 10 %. Применение системы непосредственного впрыска особенно эффективно совместно с электронным управлением, что не только снижает токсичность выхлопных

газов и экономит топливо, но и повышает мощность двигателя на 10–20 %.

Применение конструкции ДВС с двумя свечами и тремя клапанами на цилиндр в мерседесе Е4, МАТИС (шестицилиндровый) оптимизирует процесс сгорания топлива, что снижает его расход на 13 %, уменьшая выбросы токсичных веществ. Эксплуатационные расходы такого автомобиля при пробеге 120 тыс. км снизились на 29 %.

Значительному улучшению состояния окружающей среды в стране способствует соблюдение стационарными и передвижными установками нормативов качества выбросов, приведёнными в Федеральном законе «Об охране атмосферного воздуха» [48].

4.2.3. Влияние применяемого топлива на состав выбросов транспорта

Недостатки традиционного топлива и факторы, влияющие на выбор горючего. Значительное снижение выбросов токсичных веществ в атмосферу автотранспортом может быть достигнуто за счёт улучшения качества традиционного моторного топлива и применения новых, экологически чистых видов горючего. Основным мероприятием в улучшении качества традиционного горючего является снижение в автомобильных бензинах антидетонатора-ТЭС, в котором содержание свинца может составлять от 0,17 до 0,37 г на литр бензина. В США, Германии, Швейцарии, Японии и других передовых странах содержание ТЭС в бензине снижено до 0,15 г/л бензина [1; 66].

Одним из наиболее перспективных заменителей ТЭС является метилтретичнобутиловый эфир (МТБЭ), который добавляется в бензин-сырец вместо ТЭС (8 % в бензин А-76 и 11 % в бензин АИ-93) [4; 10]. При замене ТЭС выброс свинцовистых соединений снижается на 5–10 %. Значительно снижается выброс токсичных веществ в случае применения альтернативных видов топлива, в первую очередь газового. Практическое применение нашли сжиженные газы и сжатый природный газ. Их применение снижает выбросы оксида углерода в 2–4 раза, оксидов азота — в 1,1–1,5 раза и суммарных углеводородов —

в 2–1,4 раза. Однако применение этих видов топлива снижает мощность ДВС на 20 % и грузоподъемность на 14 %, а также уменьшает ход машины до 180–220 км (при одной заправке).

При выборе альтернативного топлива учитываются следующие факторы:

- наличие достаточных энерго-сырьевых ресурсов;
- возможность массового производства топлива;
- технологическая и энергетическая совместимость топлива с транспортными силовыми установками;
- приемлемые токсические и экономические показатели процесса использования энергии;
- безопасность и безвредность эксплуатации.

Традиционное жидкое углеводородное топливо обладает самой высокой энергоёмкостью, поэтому автомобиль, работающий на нём, имеет небольшие размеры, массу топливного бака и топливной аппаратуры, а также не требует сложной системы заправки и хранения топлива. Углеводородные газы и водород обладают более высокой массовой энергоёмкостью, но из-за малой плотности имеют значительно худшие объёмные энергетические показатели. Поэтому использование этих видов топлива возможно только в сжатом состоянии, что в ряде случаев значительно усложняет конструкцию автотранспорта. Однако каждое из указанных видов топлива имеет положительные и отрицательные стороны.

Применение в качестве присадок к дизельным топливам, особенно на основе металлоорганических соединений и бария, снижает содержание сажи в выбросах и их дымность в 4–7 раз.

Эффективность использования углеводородных газов в качестве моторного топлива. Углеводородные природные газы (метан с примесью этана, пропан и бутан) и сжиженный природный газ (СПГ) начали во многих регионах применяться как горючее топливо. Они являются качественным моторным топливом, обладающим высокой теплотворной способностью и хорошими антидетонационными свойствами. Так, например, октановое число у СПГ на 15 % выше, чем у лучших нефтяных автобензинов [1]. Однако применение СПГ потребует установки дополнительного блока искрового зажигания или впрыск в цилиндры

до 15 % запального дизтоплива. В случае применения впрыска в цилиндры запального топлива двигатель приобретает универсальность и может работать как на природном газе, так и на дизельном топливе. СПГ не токсичен, не загрязняет топливную систему, не вызывает коррозии оборудования, что увеличивает его срок службы в 2 раза. Кроме того, при работе автотранспорта на СПГ в связи с более качественным образованием смеси и снижением температуры в камере сгорания сокращается по сравнению с бензиновым выхлопом содержание углеводорода в 2–3 раза, оксида азота — в 2 раза, оксида углерода — в 10 раз. К недостаткам использования газового топлива относятся большая масса топливной системы; меньший запас хода; затруднённый запуск в холодную погоду; возможность взрыва баллона.

Особенность применения водотопливной эмульсии. Водотопливные эмульсии — это жидкое топливо с мельчайшими частицами воды, равномерно распределёнными по объёму топлива, приготавливаемого непосредственно на автомобиле [4; 10]. Для предотвращения расслоения эмульсии в топливо добавляется эмульгатор в количестве 0,2–0,5 %. Содержание воды в эмульсии может достигать 30–40 %. Наиболее эффективно применение эмульсий на дизельных ДВС, удельный расход топлива при этом снижается на 4–10 %. Кроме этого, в выхлопных газах снижается содержание оксидов азота на 40–50 %, но несколько увеличивается выделение углеводородов. Этот вид топлива пока не нашёл широкого практического применения из-за значительного усложнения конструкции автомобиля.

Перспективы применения синтетических спиртов в качестве моторного топлива. В качестве топлива для ДВС автомобилей находят широкое применение метанол и этанол как в чистом виде, так и в составе многокомпонентных смесей (в соотношении «бензин : спирт» 4 : 1). Применение спиртов экономично, так как спирт дешевле бензина на 39–35 %. Особенно широко применяются спирты для ДВС автомобилей в Бразилии и Мексике.

С энергетической точки зрения, преимущество спиртовых топлив заключается в высоком КПД рабочего процесса и повышенной антидетонационной стойкости топлива, но теплота сго-

рания спиртов примерно вдвое ниже, чем у бензинов. Использование спиртов требует сравнительно небольшого изменения конструкции автомобиля. Основные изменения в конструкции: увеличение объёма топливных баков и проходных сечений жиклёров; установка устройств, обеспечивающих стабильный пуск ДВС в любую погоду.

Использование спиртовых топлив снижает содержание токсичных веществ в выхлопных газах, особенно оксидов азота, в 5–8 раз, что объясняется меньшей температурой горения спиртового топлива.

Водородное топливо — топливо будущего. Водород рассматривается не только как топливо автотранспорта, но и как перспективное развитие энергетики. По массовой энергоёмкости водород превосходит углеводородное топливо примерно в 3 раза, спирты — в 5–6 раз, но из-за очень малой плотности его энергоёмкость относительно низкая.

Водород обладает рядом свойств, сильно затрудняющих его использование в энергетике, так как он сжигается при 24 К и обладает высокой диффузионной способностью, что предъявляет повышенные требования к контактирующим материалам. Кроме того, он взрывоопасен. Применение водорода как моторного топлива в автотранспорте возможно в двух вариантах: как основное топливо и как добавки к современным моторным топливам.

Основной трудностью при использовании водорода в сжиженном виде является его низкая температура. Обычно жидкий водород транспортируется в криогенных резервуарах с двойными стенками, пространство которых заполнено изоляцией. Для безопасности эксплуатации жидкого водорода необходимы высокая герметизация топливоподающей системы и обеспечение сброса избыточного давления.

При переводе автотранспорта на водородное топливо мощность двигателя снижается на 20–25 %, наилучшие результаты получаются при непосредственном впрыске его в цилиндры под давлением, состав смеси колеблется в широком диапазоне — от 0,2 до 0,5. Наиболее оптимальным составом смеси считаются 3 % водорода и 97 % бензина. При работе ДВС на такой сме-

си количество оксида углерода в выхлопном газе снижается в 5 раз, углеводов — в 4 раза по сравнению с предельными нормами, а оксиды азота вообще отсутствуют.

Сравнительные результаты работы ДВС автомобилей на различных топливных системах приведены в табл. 4.6 [1; 66].

Таблица 4.6

**Сравнение топливных систем автомобилей,
работающих на бензине и водороде**

Показатель	Бензин	Сжатый водород	Сжиженный водород	Вторичные энергоносители
Масса топлива, кг	53,5	13,4	13,40	181,00
Объём топлива, м ³	0,07	1,0	0,19	0,23
Масса бака, кг	13,0	1 361,0	181,00	45,40
Объём бака, м ³	0,08	1,53	0,28	0,25

Федеральная целевая программа «Повышение экологической безопасности автомобильного транспорта» предусматривает комплекс мер по разработке и применению эффективных ДВС и экологически чистых видов топлива, основными из которых являются:

- создание (модификация) двигателей, использующих альтернативные топлива;
- применение альтернативных энергоисточников (водород, природный газ, спирты биотопливо и т. д.);
- создание топливных элементов и комбинированных энергетических установок;
- разработка ДВС с регулируемым рабочим объёмом и степенью сжатия;
- дожигание и очистка органического топлива;
- разработка математических моделей физико-химических процессов сгорания топлива и преобразование энергии.

Применение альтернативных видов транспорта. В качестве возможной замены поршневого ДВС было сконструировано и предложено до 2 000 моделей роторно-поршневых ДВС (РПД). Эти двигатели имеют ряд преимуществ по сравнению с поршневыми ДВС: меньший вес и размеры, компактность, способ-

ность работы на бензине с низким октановым числом. Однако они уступают поршневому ДВС по токсичности выхлопных газов, особенно по содержанию углеводородов [1; 66].

В последние годы во всех странах мира начали уделять много внимания разработке различных конструкций электромобилей. Электромобиль имеет следующие преимущества перед автомобилем:

- он почти не даёт выбросов токсичных веществ в атмосферу;
- его двигатель обладает более простой конструкцией, чем ДВС;
- не нуждается в столь тщательном уходе, как обычный автомобиль;
- создаёт меньше шума.

Главным недостатком современного электромобиля, особенно со свинцово-кислотным аккумулятором и аккумуляторными батареями, является ограниченный ресурс пробега, большая масса, малый срок службы источника тока и общая высокая стоимость в основном из-за больших затрат на батареи. Для решения этой проблемы различные фирмы мира ведут разработки перспективных типов батарей, превосходящих по энергоёмкости наиболее распространённые аккумуляторы, или используют топливные элементы, которые преобразуют водород в электричество путём каталитического окисления. Однако такие батареи стоят очень дорого, а хранение водорода для таких батарей проблематично.

Весьма перспективным является использование полуавтономных видов транспорта, оснащённых аккумулятором, позволяющим преодолевать до 10 км автономно на промежутках между контактными сетями с последующей подзарядкой или заменой аккумуляторов. Особенно вопрос применения электромобилей будет ускорен после организации производства аккумуляторов с их скоростной подзарядкой.

4.3. Перспективные методы переработки пыли и шламов чёрной металлургии

4.3.1. Химический состав пыли и шламов производств чёрной металлургии и применяемые методы их переработки

В производствах чёрной металлургии улавливается в основном тонкодисперсная пыль сухим или мокрым методом в электрофильтрах или в скрубберах. Химический состав пыли и шламов некоторых производств приведён в табл. 4.7 [17; 21].

Таблица 4.7

Химический состав пылей и шламов доменного и сталеплавильного производств, %

Отходы	Fe _{общ}	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	S	C	Zn	Pb
Колошниковая пыль	25–45	–	1–3	6	7–10	1–3	–	–	–	–
Шламы газоочисток	31–37	37–60	2–3	6–11	3–20	1–3	0,4	2–2,6	1,2–2,8	0,4–0,6
Мартеновская пыль	–	65–82	0,2–1	0,7–0,3	0,8–0,9	0,8–5,6	–	0,2–1,3	0,1–0,8	0,2–1,1
Конверторный шлак	–	39–78	0,1–0,3	1,4–2,9	3,3–20	0,3–14,6	–	0,7–4,3	0,2–4,2	0,1–0,8
Электросталеплавильная пыль*	–	10–50	0,3–10	12–15	1,7–17	4–10	–	0,5–4	0,1–2,0	0,1–0,2

* В электросталеплавильной пыли имеются примеси: NiO — 0,8 %; Cr₂O₃ — 2–10 %; MnO — до 10 %.

Пыль и шлак с высоким содержанием железа используются для изготовления различных материалов в зависимости от содержания в них соединений цинка и свинца. В случае низкого содержания в пыли и шламе указанных соединений они применяются в качестве добавки к агломерационной шихте или для изготовления окатышей или брикетов.

В последнее время разработан и рекомендован к внедрению ряд технологий по использованию отходов пыли и шламов металлургических производств с получением различных материалов и изделий, находящих применение в промышленности. Так, для изготовления бетонов может быть использована избыточная колошниковая пыль в смеси с алюмосиликатным наполнителем и фосфатным связующим (а. с. № 653232), а извлечение из шламов доменного и сталеплавильного производств цинка путём их обработки серной кислотой, отделения раствора сульфата цинка с последующим осаждением углекислой солью алюминия и прокаливанием основного карбоната цинка при температуре 400–600 °С позволит не только получить оксид цинка, но и использовать железосодержащие компоненты в агломерационной шихте (а. с. № 1361109; 1996).

Не менее важным направлением применения шламов газочисток доменных печей является использование их без извлечения цинка и свинца в качестве добавок в сырьевую смесь при производстве кирпича [17].

Значительное количество сталеплавильной пыли можно использовать для изготовления торкрет-массы в смеси с фосфатным связующим, шамотом и огнеупорной глиной (а. с. № 1557136; 1987), а также для изготовления литейных форм в смеси с алюмофосфатным наполнителем — связующим и огнеупорным наполнителем или добавкой к ним коксовой пыли (а. с. № 2033878 и 2033879).

Одним из перспективных направлений использования пыли и шламов сталеплавильных производств является внедрение технологии получения на их основе железосодержащих пигментов, находящих широкое применение не только в лакокрасочной и бумажной промышленности, но и в производстве пластмасс, резины и т. д. (заявка № 4832589/26). Особенностью технологии получения железосодержащих пигментов из отходов металлургических производств является не только повышение дисперсности продукта, которая легко достигается измельчением в пароструйных или шаровых мельницах, но и снижение содержания водорастворимых веществ и повышение содержания оксидов железа, что достигается обработкой отхода

разбавленной ортофосфорной кислотой, отмывкой водорастворимых солей и прокаливанием получаемого продукта при температуре 700–800 °С.

В цветной металлургии такая пыль перерабатывается в специальных ретортах. Технологическая схема процесса приведена на рис. 4.2 [46; 60].

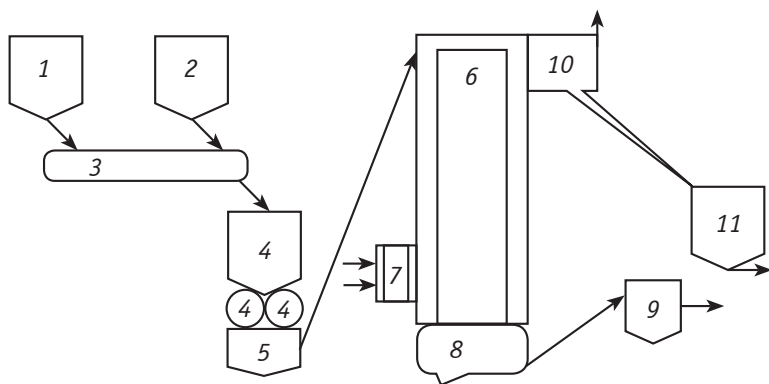


Рис. 4.2. Технологическая схема переработки цинк- и свинецсодержащих отходов:

1 — бункер отходов; 2 — бункер кокса; 3 — транспортёр; 4 — пресс-валки; 5 — бункер брикетов; 6 — реторта; 7 — топка; 8 — лётка для выгрузки расплавленного свинца; 9 — бункер расплавленного свинца; 10 — конденсатор паров оксида цинка; 11 — бункер расплавленного цинка

Реторта (6) загружается брикетами, полученными обработкой на пресс-валках (4) смеси отхода и кокса, подаваемых из бункеров (1 и 2), после чего реторта подогревается до температуры 500 °С природным газом, подаваемым в топку (7). Воздух в топку подаётся в количестве, не допускающем образования в реторте углекислого газа. В нижней части реторты при указанной температуре протекает восстановление только оксида свинца образующимся в реторте при горении кокса оксидом углерода. Свинец при такой температуре расплавляется, по мере накопления выпускается из реторты через лётку (8) в бункер (9) и далее разливается в брикеты весом 30–40 кг. После выпуска свинца в реторте поднимают температуру до 1 270–1 350 °С. При этих

температурах пары оксида цинка восстанавливаются оксидом углерода до металлического цинка. Цинковые пары и газы поступают в конденсатор (10), в котором цинковые пары конденсируются в интервале температур 850–870 °С на входе и 530–560 °С на выходе из конденсатора. Расплавленный цинк из конденсатора подаётся в бункер (11) и далее разливается в брикеты весом по 30–40 кг.

4.3.2. Применяемая технология переработки конверторного шлама

Применение отходов производств, попутных и вторичных продуктов — огромный резерв экономии природного сырья. Компоненты из отходов в 2–3 раза дешевле, чем извлекаемые из природного сырья и минералов [1; 17]. В связи с этим применение эффективных технологий по переработке образующихся на предприятиях чёрной металлургии промышленных отходов является одной из важнейших задач. В конверторном производстве стали в зависимости от состава сырья, конструкции печей и условий плавки на тонну стали образуется 12–25 кг тонкодисперсной пыли с размером частиц от 0,1 до 10 мкм. По данным НПО «Энергосталь», степень очистки отходящих газов от пыли превышает 80 %, а степень утилизации — 72 %.

Химический состав конверторных шламов приведён в табл. 4.8 [17; 21].

Таблица 4.8

Химический состав конверторных шламов ОАО «Мечел», масс. %

Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	ZnO	MnO	MgO	Cr ₂ O ₃	Pb
58,0	3,4	12,1	0,25	3–4	0,96	2,2	0,39	1–2

Соединения железа в шламах находятся в виде оксидов, количество которых изменяется от 64,7 до 78,3 %. Содержание цинка и свинца в шламах различное и зависит не только от состава сырья, но и от дисперсности пыли. По минералогическому составу в шламах преобладают в основном минералы: гематит — красный железняк, магнетит — чёрные кубические кристаллы размером 1–20 мкм, вюстит — округлые зёрна раз-

мером 4–8 мкм, оксид кальция, а среди силикатов преобладает β -CaSiO₄ и др.

Чаще всего железосодержащие пыли и шламы газоочисток используются в качестве сырья для дальнейшей переработки в металлургических агрегатах в виде сгущённого, обезвоженного и высушенного полупродукта в шихте агломерата. Однако при содержании в пыли и шламе до 2 % свинца и до 4 % цинка использовать такие отходы даже после сушки и гранулирования в доменном процессе нельзя по причине значительного воздействия указанных примесей на кладку доменных печей.

В кислородно-конверторном цехе ОАО «Мечел» очистка газов после конверторов проводится в скрубберах «мокрым» способом. В них газы с пылью при высокой температуре дымососом подаются снизу скруббера навстречу разбрызгивающемуся сверху потоку технической воды. Степень очистки газов от пыли в скрубберах достигает 98 %. Удельное пылевыведение в конверторах зависит от интенсивности дутья и изменяется в пределах 1–3 %, средневзвешенное же значение удельного выхода пыли составляет 1,62 %. Объёмы образования конверторного шлама на предприятии составляет около 1 млн т/год. Утилизация суспензии шламов проводится на специальных установках.

В настоящее время на установке обработки уловленного шлама суспензия шлама подвергается сгущению в радиальных отстойниках и уплотнению в сгустителях, после чего подвергается фильтрованию на фильтр-прессах. Получаемая паста шлама подвергается термообработке при температуре 900 °С в барабанной вращающейся печи. Технологическая схема процесса термообработки шлама приведена на рис. 4.3.

На этой установке суспензия шлама подвергается сгущению в отстойнике и сгустителе (1 и 2), затем фильтрованию на фильтр-прессах (3). Техническая вода, отделённая при отстаивании и сгущении суспензии шлама и при её фильтровании, возвращается в оборотный цикл газоочистки, а паста шлама с влажностью 32–34 % подвергается термообработке при температуре 900 °С в барабанной вращающейся печи (5). Получаемый в печи после термообработки шлама продукт, практически не содержащий соединений цинка и свинца, после охлаждения

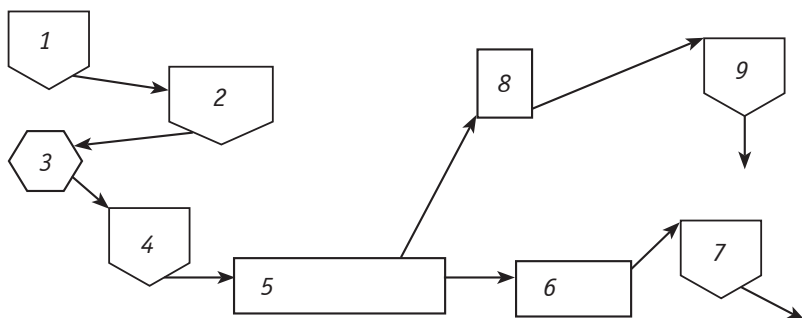


Рис. 4.3. Технологическая схема термообработки конверторного шлама:

- 1 — отстойник; 2 — сгуститель шлама; 3 — фильтр-пресс;
- 4 — бункер обводнённого шлама; 5 — прокалочная барабанная печь;
- 6 — охлаждающий барабан; 7 — бункер готовой продукции;
- 8 — скруббер; 9 — отстойник уловленных в скруббере продуктов

в охлаждающем барабане (6) ковшовым элеватором подаётся в бункер готовой продукции (7) и далее отгружается автотранспортом на аглофабрику для использования его в производстве агломерата.

При термообработке шлама в печи вместе с газами и железосодержащей пылью удаляются свинец и цинк, которые улавливаются в «мокрое» скруббере (8). Получившаяся суспензия, содержащая 25–30 % соединений железа, около 1,0 % SiO_2 , до 16,0 % ZnO и до 10 % PbO , отправляется в хранилище для временного хранения (9).

Приведённая технология отделения оксидов цинка и свинца от оксидов железа в шламе имеет существенные недостатки: при термообработке шлама в барабанной печи при 900 °С из шлама при таких условиях совместно с железосодержащей пылью удаляются не все соединения цинка и свинца, а уловленные смеси соединений железа, цинка и свинца в дальнейшем требуют значительных затрат для их разделения.

При содержании в пыли и шламе соединений цинка и свинца более 2–4 % такие отходы нельзя использовать в доменном процессе из-за высокого влияния соединений этих металлов на футеровку доменных печей. В связи с этим для переработки пыли и шлама с повышенным содержанием цинка и свинца наибо-

лее экономично применить технологию, используемую в цветной металлургии.

Сложность отделения оксидов свинца и цинка от оксидов железа в шламе объясняется значительным различием физико-химических свойств указанных соединений, что подтверждается приведёнными данными табл. 4.9.

Таблица 4.9

Некоторые физико-химические свойства соединений железа, цинка и свинца

Вещество	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Температура начала восстановления, °С
Оксид железа	1 562		400
Металлический цинк	419,3	906	–
Оксид цинка	>1 070	1 800 суб.	1 070
Металлический свинец	327,4	1 740	–
Оксид свинца	884	1 472	>200

Для полного извлечения соединений цинка и свинца из шламов необходимо не только изменить аппаратный процесс их термообработки, но и обеспечить восстановление оксидов цинка и свинца до металлов, которые будут не только полностью извлекаться из шламов, но и их можно будет разделить.

4.3.3. Ячеистые бетоны на основе шамотной пыли

На предприятиях огнеупоров при выпуске шамотных и динасовых изделий, а также при их эксплуатации образуются в значительном количестве тонкодисперсные пыли и шламы (до 9,6 и до 21,0 % соответственно) приведённого ранее химического состава [17; 21].

Указанные пыли пока используются только частично, хотя химический состав позволяет их применять после специальной обработки для производства жаростойких огнеупорных изделий. Алюмосиликатные отходы, особенно вторичные шамотные отходы (шамотная пыль-унос), обладают высокой активностью, и с добавкой различных связующих (извести, гипса, жидкого стекла) их можно использовать для изготовления раз-

личных вяжущих и теплоизоляционных материалов, а также как активаторы бетонной смеси.

Шамотную пыль можно применять также для получения расширяющей добавки к цементам, повышающим водостойкость теплоизоляционных материалов, путём смешения её с активированным отработанным алюминийсодержащим катализатором, гипсосодержащим шламом и пылью известняка, взятых в соотношении 2 : (2–7) : 36 : 5, прокаливанием смеси при температуре 950–1 050 °С до спекания, измельчения до размеров применяемого цемента [21].

Теплоизоляционные материалы более высокой прочности получают при использовании для их получения шамотной пыли в смеси с фосфатным связующим, добавкой каолина и отработанного алюминийсодержащего катализатора (ранее приведённого состава) для изготовления огнеупорных материалов — жаропрочного бетона путём прокаливания смеси при температуре выше 1 100 °С [Там же]. Шамотная пыль также может применяться взамен огнеупорной глины и шамота для изготовления шамотных теплоизоляционных материалов различного назначения.

4.4. Перспективные методы переработки тонкодисперсной пыли ферросплавов

Химический состав пыли ферросплавных производств приведён в табл. 4.10.

Некоторые пыли ферросплавного производства без обработки широко применяются в промышленности или в сельском хозяйстве. Так, например, пыль, получаемая при прокаливании известняка, применяется в качестве сырья при изготовлении силикатного кирпича и в качестве мелиоранта взамен извести. Пыль ферросиликокальция применяется как флюсирующая добавка при плавке металла, а тонкодисперсная пыль производств ферросилиция ферросиликохрома и ферросилиция применяется как добавка к цементам, повышая на 25 % прочность бетонных изделий. Такое влияние на прочность изделий бетона микропыли объясняется следующими причина-

Химический состав пыли и шламов ферросплавов ОАО «ЧЭМК», %

Пыли и шламы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Cr ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	C	S
Пыль низкоуглеродистого феррохрома	3–6	2,5–6,0	7–12	28–32	26–30	3–4	–	–	0,2–0,9	0,15
Пыль углеродистого феррохрома	18–22	2–5	20–32	13–22	1,0	5–10	–	–	0,5–4,1	0,4
Пыль ферросиликохрома	83–93	0,3–1,5	0,8	0,2–0,5	0,5	0,5–1,0	–	0,8–1,4	0,6–0,8	0,2
Пыль силикомарганца	65–68	0,3–1,0	–	–	0,2–1,2	0,2–2,0	–	21–34	0,3–1,0	–
Пыль силикокальция	24–30	1,0–2,5	0,8–8,2	–	49,5–54,8	2,4–3,0	–	–	–	–
Пыль ферросилиция	83–96	0,7–1,5	1,0–4,1	–	0,3–4,0	3–13	–	–	0,05	–
Пыль ферромолибдена	50–65	13–19	1–2	–	2–5	–	0,22	–	–	–
Пыль ферровольфрама	40–46	1,4–2,9	0,1–1,4	–	17,8–40	–	2–6	–	–	–
Пыль ферросиликомарганца из отходов*	6,4–8,3	–	3,8–5,4	–	–	–	–	12,3–15,9	–	–
Пыль известняка**	6–7	3–4	1–5	–	49,6–54,5	–	–	–	2,4–3,0	–

* Пыль ферросиликомарганца из отходов производств содержит: 7,1 % Na₂O, 34,3–40,2 % K₂O.** Пыль известняка содержит в зависимости от условий прокаливания 38–60 % CaCO₃.

ми: исследованием было установлено, что микропыль вступает в реакцию с гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, освобождаемым при гидратации портландцемента, повышая жаростойкие свойства вяжущего [32]. Кроме того, при перемешивании смеси с водой, тонкодисперсные частицы микропыли, адсорбируясь на зёрнах цемента и заполнителя, увеличивают притяжение между частицами, что способствует коагуляции бетонной смеси, усиливая структурообразование при её твердении и приводя к образованию изделия с высокими физико-механическими свойствами.

На основе установленных при исследовании закономерностей разработана с использованием микрокремнезёма технология получения жаростойкого вермикулитобетона с добавкой портландцемента путём применения в рецептуре сухой смеси [51. С. 109]. В качестве вяжущего применяется портландцемент марки 400 с насыпной массой $1\ 100\ \text{кг}/\text{м}^3$, а в качестве лёгкого заполнителя — вспученный вермикулит с насыпной плотностью $98\ \text{кг}/\text{м}^3$ Ковдорского месторождения, получаемого из концентрата марки КВК-2 ТУ 21-0281921-24-92, соответствующей марке 100 (по ГОСТ 12865-67).

В результате проведённых исследований было также установлено следующее:

- плотность сухой смеси с увеличением содержания микропыли снижается, что объясняется низкой насыпной плотностью самого микрокремнезёма;
- добавление микропыли в сухую смесь обеспечивает улучшение удобоукладываемости бетона;
- с добавкой микропыли уменьшается расслаиваемость бетонной смеси, что обусловлено свойствами сокращать водоотделение смесей на основе цементов;
- увеличилась жизнеспособность бетонной смеси по сравнению со смесью без добавки микропыли на 1,5 ч, при одинаковой осадки конуса СтромЦНИИЛа;
- увеличилась прочность бетонной смеси с добавкой 10 % микропыли при сжатии в возрасте 7 сут нормально-влажного твердения по сравнению со смесью без добавки микропыли в 1,72 раза, что объясняется увеличением в смеси кристал-

лов гидросиликата и гидроалюмината кальция, приводящих к упрочнению микроструктуры цементного камня;

– установлена оптимальная добавка микропыли в сухую смесь, которая составляет 7–12 % от массы вяжущего.

Таким образом, на основе результатов исследований разработана и рекомендована к внедрению технология получения лёгких жаростойких вермикулитобетонов высокого качества, что не только увеличивает прочность бетонов, но и повышает экономичность производства.

Остальные пыли, химический состав которых приведён выше, используются в производстве различных материалов после специальной обработки. Так, например пыль низкоуглеродистого феррохрома и пыль производств ферромolibдена и ферровольфрама подвергается магнитной и воздушной сепарации, в результате чего разделяется на две фракции. В магнитной фракции повышается содержание соединений металлов до заданных требований, и их после брикетирования используют повторно при плавке ферросплавов. В немагнитной фракции в зависимости от химического состава повышается концентрация оксида кальция: в отходной пыли низкоуглеродистого хрома содержание оксида кальция повышается до 50–55 %, что позволяет её использовать взамен пыли ферросиликокальция при плавке металла.

Значительное количество белитового шлама может быть применено в смеси с жидким стеклом и отходами шлаковаты для получения теплоизоляционных материалов (а. с. № 1423534; 1986), а в смеси с пигментом, алкидной смолой и растворителем — для покрытий с повышенной прочностью и коррозионностью (а. с. № 1381962; 1986).

Пигменты различных цветов (коричневые, зелёные, фиолетовые) можно получать из отходной пыли силикомарганца путём предварительной отмывки от неё водорастворимых оксидов калия и натрия, обработки осадка в зависимости от цвета получаемого пигмента кислотами или солями (голубой — нитратом и сульфатами бария, фиолетовый — фосфатом аммония, зелёный — гидроксидом и нитратом бария) с последующей отмывкой осадка от водорастворимых веществ и прокаливанием при температуре 600–800 °С.

Отмытый от соединений калия и натрия осадок с повышенным содержанием марганца можно подвергать брикетированию на пресс-валках и повторно использовать в процессе производства силикомарганца, а раствор соединений калия и натрия использовать для получения жидкого стекла или удобрений, например, сульфата калия или раствор непосредственно для полива сельскохозяйственных культур [17].

Ферросплавные пыли и шламы пригодны также для получения различных строительных материалов и изделий из ячеистого бетона, ими можно заменять известь в строительном растворе и в силикатном кирпиче, а пыль с повышенным содержанием оксида кремния использовать как добавку к цементу [21]. Пыль-унос ферросилиция можно использовать также для получения различных вяжущих материалов в смеси с обожжённой смесью шламов или негашёной известью, или портландцементом (а. с. № 1490103; 1986; № 1813759 и № 1031934; 1982). Однако применение пыли ферросилиция и ферросиликохрома в качестве добавки к цементам и для получения указанных изделий экономически не выгодно. Более экономично тонкодисперсные микропыли использовать для изготовления вяжущих, в том числе жидкого стекла, и на их основе различных высококачества строительных материалов и изделий.

Глава 5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

5.1. Применяемые методы очистки сточных вод и причины неудовлетворительной очистки стоков

5.1.1. *Применяемые методы очистки сточных вод*

На предприятиях в зависимости от состава промышленных сточных вод применяются следующие методы их очистки [20; 26].

1. Механическая очистка в большинстве случаев производится: путём процеживания через различной конструкции решётки — отделение грубых частиц, методом осветления в отстойниках — отделение тонкодисперсных частиц. Отделение нефтепродуктов производится в специальных устройствах — нефтеловушках. Этими методами загрязнённые воды осветляются на 30–50 %, что облегчает эксплуатацию сооружений в дальнейшей работе, а сточные воды направляются на обработку приведёнными выше методами.

2. Несколько эффективнее физико-химические методы очистки сточных вод, в процессе которых для повышения степени очистки используют различные коагулянты (чаще всего сульфаты алюминия или железа), а для укрупнения образующихся хлопьев — флокулянты (различные высокомолекулярные вещества, например, сульфонал).

3. Очистку сточных вод от растворимых веществ проводят химическими методами, применение которых позволяет перевести растворимые соединения, находящиеся в сточных водах, в нерастворимые продукты с последующим их отделением путём отстаивания или фильтрования. Например, в результате применения известкового молока для нейтрализации сернокислых растворов железа, в осадок переходят сульфаты кальция и гидроксид железа.

При очистке сточных вод окислением применяют газообразные и жидкие вещества: сжиженный хлор, диоксид хлора,

хлорат кальция и натрия, перманганат калия, кислород воздуха, озон, пероксид водорода, бихромат калия и др. В процессе окисления токсичные примеси, содержащиеся в сточных водах, становятся менее токсичными, после чего удаляются из воды фильтрованием. Очистка сточных вод окислителями связана с большим расходом реагентов, поэтому её применяют только тогда, когда вещества, например цианиды, растворённые соединения мышьяка и др., находящиеся в сточных водах, извлечь другими методами невозможно.

Активность реагента как окислителя определяется значениями окислительного потенциала, который, например, для перманганата калия равен 0,59, для пероксида водорода — 0,68, для хлора — 0,94, а для озона — 2,07 В.

4. Для очистки хозяйственно-бытовых промышленных сточных вод от растворённых органических и некоторых неорганических веществ (сероводорода, аммиака, сульфидов, нитритов и др.) применяются биологические методы, основанные на способности микроорганизмов использовать указанные вещества для питания в процессе их жизнедеятельности. Биологическая очистка сточных вод может протекать в аэробных (биохимическое окисление) и анаэробных (биологическое разложение) условиях [21; 37].

Очистка в анаэробных условиях происходит под действием анаэробных микроорганизмов, превращая загрязнения в газы (метан, диоксид углерода), в растворённые соли и биомассу анаэробных растений. Анаэробный метод применяется в основном для сбраживания избыточного активного ила, образующегося при аэробной очистке. Очистка в аэробных условиях происходит в присутствии растворённого в воде кислорода, представляя собой модификацию протекающего в природе естественно процесса самоочищения водоёмов.

5. Для очистки сточных вод от высокотоксичных органических компонентов применяются термические методы (термоокислительное и жидкофазовое окисление). К этим методам прибегают тогда, когда обезвреживание токсичных соединений другими методами невозможно или экономически неоправданно.

На очистных сооружениях при очистке сточных вод всеми перечисленными методами (за исключением переработки уловленных нефтепродуктов и биологической очистки) применяется такое же оборудование, что и при очистке промышленных стоков [20; 26].

Биологическая очистка сточных вод может эффективно осуществляться как в естественных, так и в искусственных условиях. В естественных условиях для этих целей используют специально подготовленные участки земли (поля орошения и фильтрации или биологические пруды), которые представляют собой земляные резервуары глубиной 0,5–1,0 м. В этих резервуарах происходят те же процессы, что и при самоочищении в водоёмах.

Поля орошения и биологические пруды располагают на местности, имеющей уклон, ступенями, а биологические пруды, состоящие из 3–5 ступеней, располагаются каскадом [26; 36]. В прудах процесс очистки сточных вод осуществляется бактериями, которые используют для окисления загрязняющих веществ кислород, выделяемый в процессе фотосинтеза водорослями. Для окисления возможно также применять и кислород воздуха. В связи с этим для обеспечения нормальной очистки стоков в прудах необходимо поддерживать оптимальное значение рН и температуру сточной воды не менее 6 °С. Глубина прудов с естественной аэрацией не превышает 1 м. При искусственной аэрации, проводимой с помощью механических аэраторов, ускоряющих процесс очистки стоков, или продувкой воздуха через толщу воды, глубина прудов может достигать 3 м.

Недостатки очистки сточных вод в прудах: низкая производительность, сезонность работы и потребность в больших территориях, а получаемые после сушки продукты загрязняются тяжёлыми металлами промышленных предприятий, что в дальнейшем осложняет их использование.

Сооружения для искусственной биологической очистки сточных вод по признаку расположения активной биомассы разделяют на две группы:

– аэротенки, окситенки (активная биомасса находится в обрабатываемой сточной воде во взвешенном состоянии), представляющие собой железобетонные резервуары;

– биофильтры (активная биомасса закрепляется на неподвижном материале, а сточная вода обтекает его тонким плёночным слоем).

Для создания нормальных условий жизнедеятельности биомассы активного ила, количество которой постепенно возрастает в процессе окисления, избыток ила выводится из системы и передается в сооружения по обработке осадка, а основная часть активного ила снова возвращается в аэратор. Концентрация иловой массы (в пересчёте на сухой) составляет 2–5 г/л, расход воздуха 5–15 м³ на 1 м³ сточной воды; нагрузка по органическим загрязнениям 400–800 мг БПК на 1 г беззольного активного ила в сутки. При таких условиях работы аэротенков обеспечивается полная биологическая очистка сточных вод. Комплексы очистных сооружений, состоящие из нескольких аэротенков, имеют производительность до 223 млн м³ сточных вод в сутки.

Для окисления сточных вод вместо воздуха можно использовать чистый кислород, применяя окситенки, отличающиеся по конструкции от аэротенков подачей и распылением кислорода. Окислительная способность окситенков в 3 раза выше аэротенков. При суточном расходе бытовых и промышленных стоков до 20–30 тыс. м³ в сутки применяют биофильтры, основной составляющей частью которых является загрузочный материал.

Особенность работы биофильтров состоит в том, что сточная вода, подаваемая в биофильтр сверху загрузочного материала, равномерно распределяется через него, образуя на поверхности биологическую плёнку (биоценоз), аналогичную илу в аэротенке. Обработанная сточная вода через отверстия решётки поступает на сплошное дно и с помощью лотков отводится из биофильтра во вторичный и третичный отстойник.

Биофильтры по типу загрузочного материала могут быть с объёмной и плоскостной загрузкой. Объёмный материал, состоящий из гравия, керамзита, шлака с крупностью 15–80 мм, засыпается слоем высотой 2–4 м. Засыпной материал может состоять из жёстких (кольцевых, трубчатых элементов из пластмассы, керамики, металла) и мягких (рулонной ткани) блоков, которые размещаются в биофильтре слоем толщиной 8 мм. Биофильтры с объёмной загрузкой эффективны при полной биоло-

гической очистке, производительность которых в зависимости от конструкции составляет 200–800 г БПК на 1 м³ объёма загрузочного материала в сутки.

Термическую обработку осадков проводят путём сжигания или сушки. Сжигание осадков проводят тогда, когда их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна, а также для снижения объёма осадков, когда отсутствуют условия их складирования. Осадки сжигают в барабанных, циклонных и распылительных печах, а также в печах кипящего слоя. Однако все перечисленные методы очистки сточных вод не обеспечивают очистку сточных вод до норм ПДК от нефтепродуктов, фенолов, СПАВ. Для очистки сточных вод, содержащих указанные вещества, требуется применение не только новых реагентов, но и специального оборудования.

5.1.2. Основные причины неудовлетворительной очистки сточных и фекальных вод

Из приведённых данных степени очистки сточных вод в области видно, что объём сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты в 2009 г., остаётся высоким, хотя увеличился по сравнению с 2006 г. незначительно и составил 51,4 км³. Мощность очистных сооружений снизилась незначительно и составила 29,58 км³, а объём нормативно очищенных сточных вод в 2007 г. уменьшился до 2,05 км³ и составил 10,7 % объёма стоков, требующих очистки (19,22 км³). Неудовлетворительна очистка сточных вод также и в Челябинской области.

Причинами неудовлетворительной очистки сточных вод является перегруженность или отсутствие очистных сооружений, а также низкая эффективность их работы, ухудшение их технического состояния [44; 45]. Особенно неудовлетворительно очищаются сточные воды от масел и нефтепродуктов, что объясняется образованием углеводородами с водой сложных тонкодисперсных соединений (эмульсий), требующих для их укрупнения и разрушения применения специального оборудования и реагентов.

Технологическими схемами очистных сооружений предприятий в зависимости от степени загрязнения сточных вод могут быть приведённые методы:

- механическая очистка сточных вод от крупных частиц и примесей;
- физико-химический метод очистки стоков от нерастворимых веществ;
- химический метод очистки вод от тонкодисперсных и растворимых примесей.

При помощи этих методов можно очистить сточные воды, не содержащие токсических органических соединений, до требуемых нормативов. Очистить сточные воды, содержащие лакокрасочные отходы, фенолы, нефть и нефтепродукты и т. д., возможно только биологическими методами, а очистить стоки от высокотоксичных примесей, таких как, например, радиоактивные примеси, возможно термическим и специальным методами, применяемыми только на специальных предприятиях.

Значительное влияние на качество очистки сточных вод оказывают сбросы недостаточно очищенных стоков со станций нейтрализации, как, например, отработанные травильные и гальванические растворы. На многих предприятиях отсутствуют локальные очистные установки для отдельной нейтрализации указанных отработанных растворов различного состава, а проводимая нейтрализация смешанных растворов только известью или известковым молоком не обеспечивает полного отделения примесей, особенно хорошо растворимых в воде (хлориды, нитраты).

Шламы, образующиеся при нейтрализации таких растворов, чаще всего направляются на временное хранение в хранилища. Воды же после отделения шлама, содержащие в значительном количестве хорошо растворимые токсичные соли, пока не находят промышленного применения. Использовать такого качества сточные воды повторно в оборотных технологических циклах будет возможно только после изменения технологии нейтрализации отработанных растворов травления металлов и гальванических установок, а также после проведения их дополнительной очистки от нефтепродуктов и растворимых примесей на специальных установках одним из далее описанных методов.

Городские и районные сооружения работают также неудовлетворительно в основном по причине применения на сооружениях неэффективных технологий очистки фекальных стоков и

низкой производительности оборудования. Такие сооружения оборудованы различными аппаратами (аэротенками, биофильтрами, механизированными фильтрами) и установками для переработки избыточного ила. Оборудование на большинстве очистных сооружений устарело и не обеспечивает качественной очистки стоков, а хранение длительное время на открытых площадках избыточного ила, особенно в крупных промышленных центрах, загрязняет его токсичными выбросами, что не позволяет использовать ил в качестве удобрения без дополнительной обработки.

Большие сложности в очистке хозяйственно-бытовых стоков создаются сбросами неочищенных или плохо очищенных сточных вод с предприятий, а также большим объёмом загрязнённых нефтепродуктами ливневых стоков промышленных городов.

5.1.3. Причины высокого расхода предприятиями технической воды

Из приведённых данных видно, что на технологические нужды предприятия не только расходуют большие объёмы технической воды, но и имеют значительные потери. Существенное влияние на расход воды в процессе производства продукции оказывает низкий объём использования воды в обороте [44; 45]. На низкое повторное использование в производственном цикле воды оказывают влияние также следующие факторы:

1. **Нерациональное использование воды в процессе производства продукции:** большое количество свежей воды используется для охлаждения аппаратуры и агрегатов, и низкий процент использования паров, получаемых в процессе испарения воды при охлаждении аппаратуры открытого типа,— в оросительных холодильниках.

2. **Применение для охлаждения горячих твёрдых продуктов воды, как, например, для охлаждения раскалённого кокса или металла технической воды.**

3. **Вывоз в хранилища шламов с высоким содержанием воды, как, например, шламов, получаемых при нейтрализации известью или известковым молоком отработанных растворов травления металлов и гальванических установок.**

4. Применение для очистки указанного типа сточных вод вместо локальных очистных установок смешанных отработанных растворов, не обеспечивающих разделения шламов смешанного состава.

5. На высокий расход технической воды предприятиями при изготовлении различных видов продукции оказывает существенное влияние применение низкопроизводительного оборудования и устаревших технологий.

Причины неудовлетворительной очистки сточных вод:

1) применение на очистных сооружениях для очистки сточных вод низкопроизводительного оборудования и неэффективных технологий;

2) ухудшение технического состояния оборудования очистных сооружений на многих предприятиях металлургии, машиностроения, химических и др.;

3) отсутствие на многих предприятиях локальных установок для очистки отработанных растворов травления металлов и гальванических установок;

4) технологическими схемами очистных сооружений предприятий в зависимости от степени загрязнения сточных вод предусматривается только грубая их очистка от масел, нефтепродуктов и других токсических веществ [21; 26].

На высокий расход технической воды оказывает влияние также неудовлетворительная утилизация отработанных растворов травления металлов (ОТР) и гальванических установок. Почти все применяемые в настоящее время на промышленных предприятиях технологии переработки и утилизации ОТР неэффективны, так как их основной целью является только предотвращение токсичности отходов, а не получение ценных материалов и изделий. Применяются в основном два вида процессов: термический с высокими затратами и нейтрализация ОТР (при её применении почти всегда получаются новые отходы).

Так, при нейтрализации сернокислых ОТР известковым молоком получают гипсосодержащие шламы, в составе которых имеются почти все примеси, имевшиеся в отработанном растворе. Поэтому такие шламы и не находят применения в промышленности и мелиорации земель сельскохозяйственно-

го назначения. Удаление же примесей из шлама неэкономично. Не находят широкого применения и шламы, получаемые при нейтрализации известковым молоком солянокислых и азотнокислых ОТР, в основном из-за повышенного содержания в них соединений металлов, которые также не отделяются в процессе нейтрализации [17; 21].

5.2. Применяемые мероприятия по снижению загрязнения водных объектов

В 2011 г. работа по снижению загрязнения водных объектов велась по следующим направлениям:

1) реализация полномочий по государственному водному контролю;

2) реализация природоохранных мероприятий [45].

В сфере регионального водного контроля за 2009 г. проведено 53 проверки, выявлено 98 нарушений, выдано 89 предписаний об устранении выявленных нарушений, устранено 78 нарушений, 34 акта проверки направлены в органы прокуратуры Челябинской области для принятия мер прокурорского реагирования.

За нарушения водного законодательства предъявлено 260 штрафов на сумму 451,3 тыс. р., в том числе за нарушение режима в охранной зоне гидрологического памятника природы предъявлено 122 штрафа на сумму 147,6 тыс. р.

Перечень выполненных в течение 2009 г. мероприятий по охране водных ресурсов:

1. Выполнены работы по определению границ водоохранной зоны:

- р. Миасс и её притоков на участке от Аргазинского водохранилища до Шершнёвского водохранилища;
- р. Уй и её притоков на территории Троицкого района;
- р. Ай и её притоков на территории Златоустовского городского округа.

2. Проведены работы по организации и благоустройству I пояса ЗСО 38 подземных источников централизованного водоснабжения населённых пунктов в Нагайбакском (21), Верхнеуральском (10), Кизильском (5) и Красноармейском (2) районах.

3. Велись работы по реконструкции и ремонту очистных сооружений канализации с. Долгодеревенское и ст. Полетаево Соновского района, ОАО МОЦ «Курорт Увильды», пос. Жукатау в Саткинском районе, в г. Миассе, Симе, Снежинске, Сатке и МУП «ПОВВ» г. Челябинска.

5.3. Повышение качества воды внедрением мероприятий областной программы

В области для улучшения состояния с обеспечением населения водой, соответствующей нормативам, разработана и утверждена программа «Чистая вода», которой предусмотрено выполнение следующих мероприятий:

1) снижение загрязнения водных объектов, используемых для целей питьевого водоснабжения, и сохранение их запасов;

2) повышение эффективности работы существующих систем водоснабжения и строительство новых;

3) повышение устойчивости систем водоснабжения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

4) обеспечение питьевой водой улучшенного качества социально значимых объектов (детских учреждений, школ, больниц);

5) оказание содействия в организации новых производств бутилированной питьевой воды из водных объектов, расположенных на территории Челябинской области;

6) совершенствование системы управления в обеспечения населения питьевой водой, предусматривающих сокращение сбросов ненормативно очищенных сточных вод в водные объекты на 36,6 млн м³/г, начиная с 2012 г.;

7) увеличение количества введённых в эксплуатацию очистных сооружений канализации на 2 очистных сооружения канализации ежегодно, начиная с 2012 г.;

8) организация зон санитарной охраны на водных объектах, предназначенных для целей питьевого водоснабжения (в 2010 г.— 1 зоны; 2011 г.— 21 зоны; 2012–2013 гг.— 22 зон);

9) уменьшение объёмов подачи питьевой воды, не соответствующей нормативам по микробиологическим показателям и химическому составу, на 40,5 млн м³/год начиная с 2012 г.;

10) снижение потерь в водоразводящих сетях при подаче воды потребителям на 9,5 млн м³/год начиная с 2011 г.;

11) увеличение локальных систем доочистки водопроводной воды в социально значимых объектах на 500 локальных системах доочистки в год начиная с 2011 г.;

12) обеспечение качественной питьевой водой потребителей взамен привозной в 22 населённых пунктах по 1 500 человек в год начиная с 2011 г. [42].

Источники финансирования программы: всего — 31,1 млрд р., в том числе за счёт бюджетов всех уровней — 19,36 млрд р., в том числе: федеральный бюджет — 6,86 млрд р.; областной — 9,6 млрд р.; местный — 2,9 млрд р.; за счёт внебюджетных средств — 11,74 млрд р., в том числе: 10,64 млрд р.— инвестиционные средства; 1,1 млрд р.— за счёт средств промышленных предприятий Челябинской области.

Ожидаемые конечные результаты программы:

1) сокращение сбросов ненормативно очищенных сточных вод в водные объекты на 330 млн м³ (на 90 % к уровню 2008 г.);

2) увеличение количества введённых в эксплуатацию очистных сооружений канализации на 18 очистных сооружений канализации;

3) организация зон санитарной охраны у 66 источников питьевого водоснабжения;

4) дополнительное обеспечение качественной питьевой водой 10 000 человек за счёт строительства и реконструкции водозаборов из подземных источников;

5) обеспечение питьевой водой нормативного качества взамен привозной в городах и посёлках, не имеющих водоснабжения (100 % к уровню 2008 г.);

6) снижение потерь в водоразводящих сетях на 95,2 млн м³ (80 % к уровню 2008 г.);

7) обеспечение водой улучшенного качества социально значимых объектов за счёт установки локальных систем доочистки (100 % к уровню 2008 г.).

Однако программой не предусмотрено и не ведётся устранение попадания в Аргазинское водохранилище стоков, содержащих высокое количество токсичных веществ, из шламохранилища г. Карабаша.

5.4. Внедрение предприятиями оборотных циклов водопотребления

Не менее важной проблемой промышленных предприятий является очистка сточных вод и повторное их использование в оборотном цикле или при изготовлении различных материалов или изделий. На каждом крупном предприятии нейтрализация отработанных растворов кислот и щелочей, а также очистка сточных вод и охлаждение оборотной технической воды ведётся на специальных очистных сооружениях [36; 38; 45]. Технологическими схемами таких объектов предусматривается полная или частичная (локальная) в зависимости от степени загрязнения очистка сточных вод одним из приведённых методов:

- механической очисткой от крупных частиц и примесей;
- физико-химическим методом от нерастворимых веществ;
- химическим методом от тонкодисперсных и растворимых примесей;
- биологическим методом от органических примесей (фенолов, цианидов, роданидов);
- термическим методом от высокотоксичных примесей, как, например, от радиоактивных примесей, которые сложно очистить приведёнными выше методами.

Применяются три основных вида очистных сооружений для очистки сточных вод: локальные, заводские, районные или городские.

Локальные, или цеховые очистные сооружения предназначены прежде всего для обезвреживания сточных вод или извлечения ценных элементов непосредственно после технологических установок и отдельных технологических процессов. На локальных установках, оснащённых специальными аппаратами и оборудованием (отстойниками, маслоловушками, фильтрами,

гидроциклонами, электрофильтрами и т. д.), применяются технологические процессы коагуляции, электроосаждения, фильтрования и т. д. для очистки сточных вод, которые невозможно направить без предварительной очистки в систему повторного или оборотного водоснабжения на общие заводские или на районные очистные сооружения.

Многие крупные предприятия имеют общезаводские очистные сооружения, которые оборудованы установками не только механической, но и химической, физико-химической и биологической очистки смешанных сточных вод. Эти установки оборудованы специальными аппаратами (отстойниками, фильтрами, гидроциклонами, окситенками, биофильтрами, холодильниками и т. д.), что позволяет дополнительно очистить стоки и вернуть их в значительном количестве в оборотный цикл [45; 36].

Районные и городские очистные сооружения предназначены для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных (после заводских сооружений) сточных вод района или города. Такие сооружения оборудованы различными аппаратами (аэротенками, метантенками, биофильтрами, механизированными фильтрами или центрифугами), а также аппаратами для переработки избыточного ила. При совместной очистке сточных вод регламентируется содержание растворимых, взвешенных и всплывающих веществ, продуктов, способных разрушать или засорять коммуникации, взрывоопасных и горючих веществ, а также поддержание заданной температуры. Выбор методов очистки и оборудования зависит от концентрации загрязнений в сточных водах и количества твёрдых отходов, образующихся в основном при производстве и на стадиях очистки, а также от эколого-экономических показателей процессов. По этим причинам сточные воды промышленных предприятий должны подвергаться обязательной локальной очистке для максимального снижения потерь сырья со сточными водами, сокращения потребления чистой воды, снижения сброса сточных вод в водоёмы и т. д. Характеристика применяемого для очистки сточных вод оборудования приведена в работах [20; 26]. Одной из важнейших стадий очистных сооружений является очистка от тон-

кодисперсных примесей. Наиболее эффективными аппаратами являются гидроциклоны и электрофилтры, схемы которых приведены на рис. 5.1 и 5.2 [20]. Очищенные с применением указанных методов сточные воды можно возвращать в оборотный цикл после их охлаждения в различного типа холодильниках или градирен.

Эффективно также применение для предварительной очистки отработанных растворов участков травления металлов и гальванических покрытий локальных установок. На таких установках полнота очистки достигается за счёт применения реагентов и режимов для осаждения каждого конкретного элемента или соединения. Сточные воды после таких установок и отделения от них осадков, обработки на очистных сооруже-

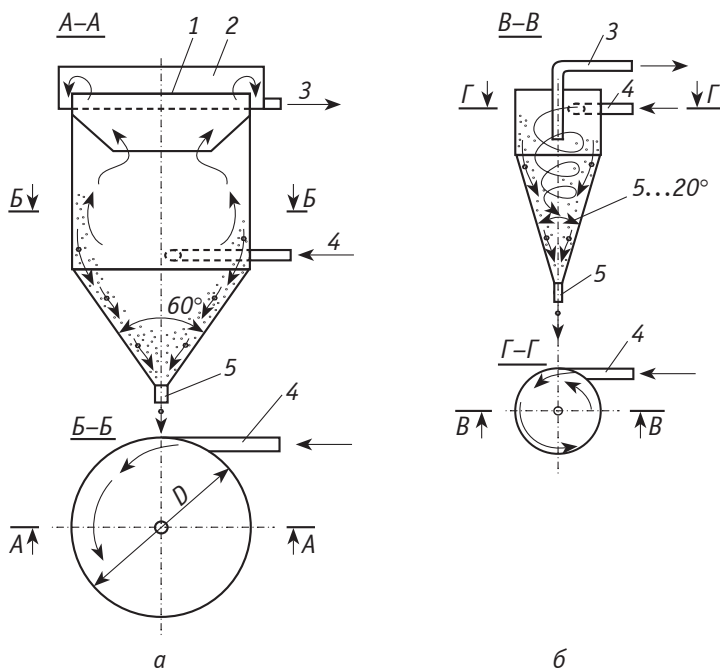


Рис. 5.1. Схемы открытого (а) и напорного (б) гидроциклонов:
 1 — водослив; 2 — кольцевой лоток; 3 — патрубок для отвода сточных вод;
 4 — патрубок для подачи сточных вод;
 5 — патрубок для выпуска осадка

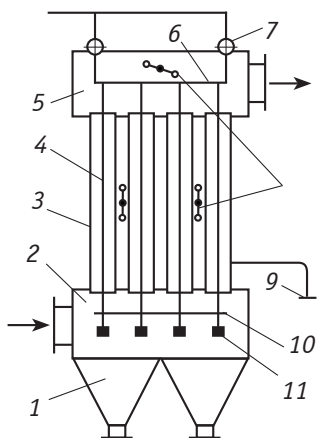


Рис. 5.2. Схема трубчатого электрофильтра:
 1 — бункер; 2, 5 — камеры подачи и отвода очищенного газа;
 3 — осадительный электрод; 4 — коронирующие электроды; 6 — рама;
 7 — изолятор; 8 — приспособления для встряхивания; 9 — заземление; 10 — решётка; 11 — груз

ях одним из указанных методов и охлаждения возможно также вернуть повторно в оборотный цикл или применять для изготовления различных материалов и изделий.

5.5. Перспективные методы очистки сточных вод от хлорсодержащих соединений

5.5.1. Концепция технологии утилизации хлорсодержащих отходов титаномагниевого производства

В связи со спецификой состава исходного сырья и особенностями технологии в производстве титана и магния образуется большое количество сложно утилизируемых твёрдых, жидких и газообразных отходов производства [35]. Твёрдые отходы — отработанные электролиты, шламы и т. п. вывозят без какой-либо предварительной обработки на полигон промышленных отходов. Отработанные расплавы и возгоны титановых хлораторов сливают в воду, а образующуюся при этом кислоту ($\text{pH} < 3$) хлоридную пульпу сбрасывают в канализацию и далее нейтрализуют её на очистных сооружениях известковым молоком.

Отходящие газы, аэрозольные выбросы обезвреживают на газоочистках с использованием в качестве поглотительной жидкости известкового молока (до $100\text{--}150 \text{ г/дм}^3 \text{ CaO}$), затем отра-

ботанное известковое молоко направляют на очистные сооружения комбината. После частичного осветления пульпы хлоридные растворы со значительным количеством взвешенных веществ сбрасывают в бассейн р. Кама. Однако это не влияет на эффективность переработки отходов. Более эффективным, по мнению авторов, является приведённый далее способ переработки аналогичных отходов.

Способ извлечения металлов из отработанного расплава производства тетрахлорида титана, включающий выщелачивание с получением хлоридного раствора, осаждение из раствора хрома, редких и радиоактивных металлов щелочным реагентом, разделение хлоридного раствора и осадка (гидроксидов хрома, редких и радиоактивных металлов), обработку осадка щелочным раствором гипохлорита натрия, взятых в соотношении 1 : (1–2) до рН, равного 6–9, отделением фильтрованием редкоземельного концентрата от хроматного раствора, последующим отделением гидроксидов хрома (патент РФ № 2075521; 1997).

Однако применение и такого способа не решает вопрос переработки всех отходов.

Согласно существующей технологии в настоящее время на 1 т производимого металла (Ti и Mg) образуется до 100 м³ хлоридных сточных вод. Со сточными водами и твёрдыми отходами, вывозимыми в отвал, безвозвратно теряется значительное количество ценных компонентов, в том числе хлора — одного из основных и необходимых компонентов для получения тетрахлорида титана и затем титановой губки.

В соответствии с существующей технологией титаномагниевого производства коэффициент полезного использования хлора не превышает 70 %, означающее, что на каждую тонну произведённого металла приходится 1,4–1,5 т потерь хлора. Основные потери происходят на переделе хлорирования титаносодержащей шихты (50–53 %) и в процессе обезвоживания карналлита (29–31 %). Из общего объёма потерь хлора 50–57 % приходится на газовые выбросы (Cl₂, HCl), 43–50 % хлора теряется с солевыми отходами.

На комбинате разработаны технические решения по совместной утилизации вышеперечисленных хлоридных отходов тита-

номагниевого производства, различающиеся между собой аппаратным оформлением отдельных стадий общей технологической схемы процесса, в частности, перевод солевой фазы отходов магниевого производства в раствор может быть реализован по одному из двух вариантов:

1) путём предварительного слива отработанного электролита, шламов карналлитовых хлораторов и т. п. в изложницы с последующим охлаждением, дроблением, измельчением и выщелачиванием (растворением в оборотных и/или промывных растворах);

2) путём гидроразмыва — за счёт слива расплавов в воду и/или оборотные хлоридные растворы — аналогично тому, как это осуществляется при переработке отработанного расплава титановых хлораторов [35].

Переработка очищенного от посторонних примесей раствора ($MgCl_2 + KCl$) с получением синтетического карналлита может быть проведена двумя способами:

1) вакуумно-испарительной кристаллизацией с получением синтетического карналлита ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$) и последующим его обезвоживанием согласно действующей технологии;

2) непосредственной подачей концентрированных насыщенных хлоридных растворов в печь кипящего слоя.

Общим для этих вариантов является использование магниезинкового молока (до $150 \text{ г/дм}^3 \text{ MgO}$), например, на основе магнетита, и/или брусита, и/или серпентинита, для очистки отходящих газов от Cl_2 и HCl , путём локальной нейтрализации растворов и пульп, образующихся при гидроразмыве отработанного расплава, и возгонов титановых хлораторов, с последующей циркуляцией пульпы до образования насыщенных растворов хлоридов металлов.

Предварительные балансовые технологические расчёты показали, что практически вне зависимости от аппаратного оформления общей технологической схемы процессов, её практическая реализация позволяет повысить степень использования хлора в титаномagneиовом производстве с 68–72 % до 90–95 %, увеличить сквозное извлечение магния из исходного сырья в товарную продукцию с 83–85 % до 95–98 %.

Практическая реализация в титаномагниевого производстве предлагаемой концепции совместной переработки и обезвреживания всех хлоридных отходов с получением остродефицитного товарного продукта — синтетического карналлита обеспечит сокращение потребления карналлита со стороны, необходимого для выпуска магния и хлора для компенсации их потерь в производстве губчатого титана, с 6,0–6,5 т до 1,0–1,5 т на тонну губчатого титана.

С другой стороны, результаты исследований и технологические расчёты показывают, что освоение и внедрение разработанных технических решений позволят резко сократить образование сточных вод минимум в 5 раз и снизить их сбросы в р. Каму до 5–6 млн м³/год при суммарном объёме выпуска титана и магния до 50–60 тыс. т/год. Предлагаемая концепция и разработанные технические решения позволят снизить сброс стоков с 5–6 млн до 0,8–1 млн м³/год.

Однако такое количество сброса загрязнённых хлором сточных вод в р. Каму приведёт к гибели не только рыб, но и других обитателей реки. В связи с этим далее предлагаются эффективные низкочастотные технические решения, внедрение которых позволит не только полностью прекратить сброс содержащих хлор сточных вод в водоёмы, но и получать разнообразные строительные материалы и изделия.

5.5.2. Перспективная технология обезвреживания хлорсодержащих стоков

Для очистки стоков от примесей соединений металлов (хрома и титана) и хлора от сточных вод и промышленных газовых выбросов рекомендуется приведённая на рис. 5.3 комплексная технология очистки стоков и газов.

На первой стадии производится отделение от стоков хлорида хрома путём подачи стоков из мерника (2) и восстановителя (уротропин) из мерника (1), а также каустического магnezита из бункера (3) в реактор (5) до рН, равного 4,5–5,5. В реакторе при подаче указанных реагентов происходит восстановление хрома до трёхвалентного состояния и переход его в гидроксид хрома по приведённой реакции [34]:

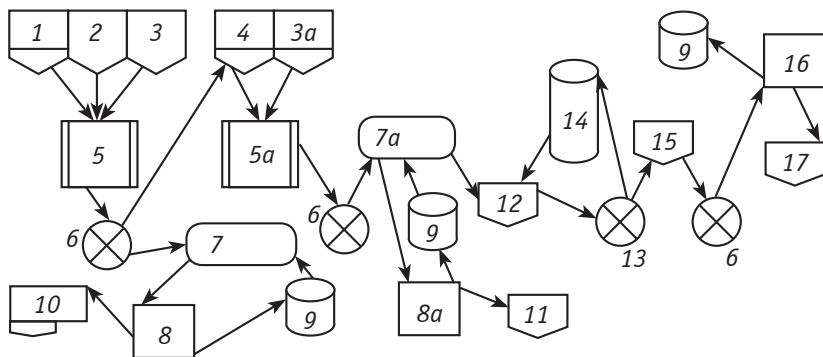
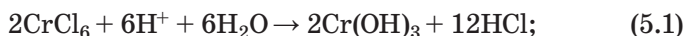


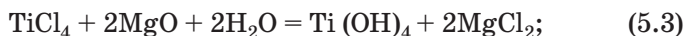
Рис. 5.3. Комплексная технологическая схема очистки стоков:

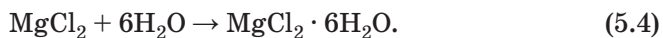
1 — ёмкость для восстановителя; 2 — ёмкость для стоков;
 3 и 3а — бункеры магнетита; 4 — ёмкость для фильтрата после;
 5 и 5а — реакторы для нейтрализации стоков; 6 — насосы; 7 и 7а —
 фильтр-прессы; 8 и 8а — комбинированные сушилки; 9 — конденсатор;
 10 — бункер для оксида хрома; 11 — бункер для диоксида титана;
 12 — ёмкость для стоков после удаления хрома и титана; 13 — насос
 высокого давления; 14 — скруббер для очистки газа; 15 — ёмкость
 концентрированного раствора хлорида магния; 16 — распылительная
 сушилка; 17 — бункер бишофита



После окончания реакции суспензию насосом (6) перекачивают на фильтр-пресс (7), на поверхности которого паста отмывается от растворимых соединений хлора конденсатом, подаваемым из сборника (9). Затем паста передаётся в комбинированную сушилку (8) для сушки и измельчения. В сушилке гидроксид хрома переходит в оксид хрома, который соответствует действующим техническим условиям на указанный пигмент.

Фильтрат, содержащий соединения хлора, магния и титана, после фильтр-пресса (7) подаётся в сборник фильтрата (4) и далее в реактор (5а), в который также подаётся каустический магнетит из бункера (3а) до pH, равного 7,5–8,5. В процессе нейтрализации суспензии в реакторе протекают следующие реакции [21; 34]:





Суспензия из реактора (5а) насосом (6) перекачивается на фильтр-пресс (7а), на поверхности которого паста гидроксида титана отмывается от хлорида магния конденсатом, подаваемым из сборника (9), после чего подаётся в комбинированную сушилку (8а) для сушки и измельчения. В сушилке при температуре 300 °С гидроксид титана переходит в диоксид титана, который далее передаётся в бункер (11). Получаемый диоксид титана по всем показателям соответствует пигменту марки Р-1.

Фильтрат, содержащий хлорид магния, после фильтр-пресса (7а) собирается в ёмкости (12), из которой насосом высокого давления (13) передаётся на верх скруббера очистки газа (14), в котором производится связывание соединения хлора (Cl_2 и HCl) каустическим магнезитом и повышается концентрация хлорида магния до 35 %, при недопущении его кристаллизации во избежание забивки кристаллами коммуникаций (трубопровода, форсунок, насоса и т. д.). Затем суспензия выводится из цикла и перерабатывается вышеописанным методом.

5.5.3. Метод очистки сточных вод на Самарском машиностроительном заводе

С учётом следующих требований разработана и применена в промышленности технология очистки сточных вод гальванического производства на предприятии тяжёлого машиностроения в Самарской области. Схема предложенной технологии по очистке сточных вод гальванического производства от соединений 6-валентного хрома, меди и никеля в моноблоке приведена на рис. 5.4 [13].

Все аппараты, ёмкости и трубопроводы выполнены из полиэтилена низкого давления, устойчивого к длительному воздействию агрессивных сред. Процесс очистки сточных вод состоит из следующих стадий: перекачивания, восстановления 6-валентного хрома, комплексообразования, коагуляции (флокуляции), коррозионной обработки, отстаивания, обезвоживания шлама на центрофуге.

1. На стадии перекачивания сточных вод производится перекачка сточных вод, содержащих 20–50 мг/л 6-валентного хро-

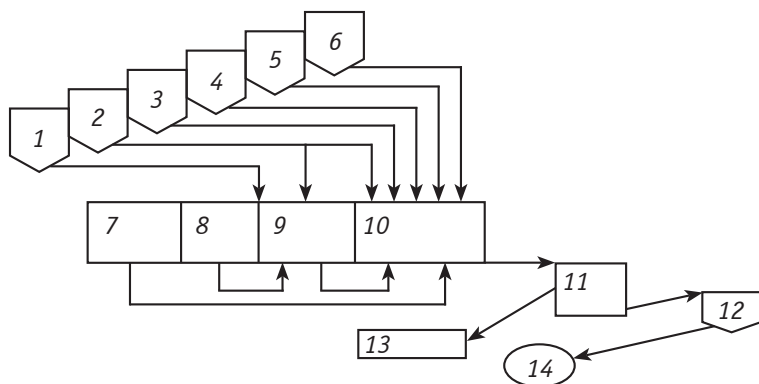
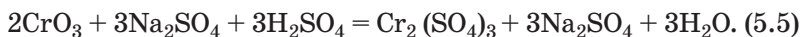


Рис. 5.4. Технологическая схема реагентного хозяйства (1 — восстановитель; 2 — кислота; 3 — щёлочь; 4 — флокулянт; 5 — коагулянт; 6 — комплексообразователь) и моноблока (7 — накопитель КЩС; 8 — накопитель ХРС; 9 — реактор; 10 — коагулятор); 11 — отстойник; 12 — бункер шлама; 13 — канализация; 14 — центрифуга)

ма, в реактор-накопитель (ХРС), а смешанные кислото-щелочные сточные воды в накопитель (КЩС) моноблока.

2. Восстановление 6-валентного хрома проводят в реакторе раствором сульфита натрия в кислой среде при интенсивном перемешивании до полного его восстановления по приведённой реакции:



После восстановления обработанные ХРС поступают в коагулятор моноблока (10).

3. Комплексообразование проводится в коагуляторе с целью удаления тяжёлых металлов введением комплексообразователя (Metalsorb), который представляет собой высокомолекулярное органическое соединение с привитыми дитиокарбонатными группами. Осаждение тяжёлых металлов таким комплексообразователем имеет по сравнению с другими осадителями следующие преимущества:

- очень низкий расход реагента в связи с его высокой активностью;
- высокая эффективность очистки сточных вод;

– комплексообразование большинства тяжёлых металлов протекает при относительно низком рН раствора (9,0–9,5), что не требует добавки избыточных количеств щёлочи.

4. Коагуляция и флокуляция протекают после окончания реакции комплексообразования путём последовательного введения коагулянта и флокулянта. После образования крупных хлопьев в коагулятор дозируется кислота или щёлочь для доведения рН сточных вод до значений, соответствующих норме.

5. После установления заданной рН суспензия поступает в отстойник. Вода, очищенная от взвешенных частиц, сбрасывается в канализацию, а шлам передаётся в бункер и далее на обезвоживание.

6. Обезвоживание шлама производится в центрифуге до заданной влажности, после чего он направляется на утилизацию.

Несмотря на ряд преимуществ очистки сточных вод гальванических производств предлагаемая технология имеет следующие недостатки:

1) применение для восстановления 6-валентного хрома сульфита натрия приводит к образованию в стоках хорошо растворимого сульфата натрия, который в дальнейшем сложно отделить, в связи с этим шлам не находит практического применения;

2) технологией не предусматривается возврат воды в технологический цикл;

3) технологией не предусматривается возврат в производство ценных металлов.

Эти недостатки возможно устранить путём извлечения металлов из сточных вод указанными выше методами, а из отделённых растворов в зависимости от их состава получать гипс, горькую соль и пигмент, применяя описанные в гл. 12 технологии.

В случаях получения сильно разбавленных отработанных гальванических растворов наиболее экономично такие растворы использовать для изготовления магниезальных суспензий и применять их для очистки от промышленных газов и выбросов от низкопроцентных токсичных газов по технологии, приведённой ранее.

5.6. Перспективные методы очистки водоёмов от нефти и нефтепродуктов

5.6.1. Взаимодействие нефти и нефтепродуктов с компонентами биосферы

В результате физических, химических и биологических процессов, протекающих под воздействием воды и солнца, углеводороды, подвергаясь фотолизу и биологическому разложению, утрачивают свои первоначальные свойства. Нефть и нефтепродукты с водой образуют тонкодисперсные прочные эмульсии, которые сложно разделяются. Наблюдением установлено, что в течение нескольких дней до 25 % нефтяного пятна исчезает вследствие испарения и растворения низкомолекулярных фракций, причём ароматические углеводороды растворяются быстрее, чем парафины с открытыми цепями.

Воздействие ультрафиолетовых лучей солнца существенно ускоряет деструкцию углеводородов, однако это приводит к образованию более токсичных компонентов, что опасно для гидробиоты. После испарения наиболее летучих компонентов процесс разрушения углеводородов замедляется и протекает очень медленно под воздействием определённого вида микроорганизмов, способных разрушать все компоненты нефти [37].

Бактериальное воздействие отличается высокой селективностью, и полное разрушение нефти требует применения разнообразных бактерий. Легче всего протекает микробиологическое разрушение парафинов.

Скорость разрушения углеводородов нефти зависит от температуры, доступа кислорода, питательного режима водной среды. Тяжёлые углеводороды не разлагаются и не осаждаются в морской воде. Они образуют с водой и имеющимися в ней взвешенными органическими частицами стойкие эмульсии, со временем эмульсии коагулируют с образованием смолистых сгустков, которые плавают на поверхности воды и выбрасываются приливами на сушу, загрязняя побережья, пляжи, портовые сооружения и т. д.

Скорость химического окисления углеводородов нефти в водной среде составляет всего 10–15 % скорости биохимического

окисления. Особенно опасны попадания больших объёмов нефти в воды высоких широт, при низких температурах разложение углеводов идёт значительно медленнее и нефть, сброшенная в арктические моря, может сохраняться до 50 лет, нарушая нормальную жизнедеятельность водных биоценозов.

Источниками ароматических загрязнений являются также промышленные предприятия (коксохимические, химические), транспорт и бытовые стоки. Особое влияние оказывают на окружающую среду полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), фенолы и их производные. Некоторые свойства (закономерности адсорбции, скорость трансформации и т. д.) многих ПАУ (нафталин, антрацен, хризен, бензпирен и др.) хорошо изучены. Попадающие в почву или природные водные источники ПАУ могут мигрировать, связываться твёрдыми фазами и взвесями различных минеральных и органических веществ и трансформироваться в другие соединения. Из ароматических углеводородов только бензол в газообразной форме может диффундировать в пористой почве, но его коэффициент диффузии не велик. Сорбционная способность ПАУ в значительной мере зависит от уровня их растворимости [1; 36; 41].

Наблюдения за скоростями трансформации, разложением или потерей ПАУ в воде и почве показали, что возможна их частичная трансформация и особенно частичная адсорбция твёрдыми фазами. В числе механизмов разрушения ПАУ особенно важны два — трансформация конкретными видами микроорганизмов и фотохимическая деструкция (например, бактерии *Pseudomonas* могут использовать нафталин как источник питания).

Высокая устойчивость ПАУ неблагоприятно влияет на их деструкцию. Ускорить трансформацию бензпирена удаётся при его облучении ультрафиолетовым светом с длиной волны 300 нм или природным солнечным светом. ПАУ легко поглощают энергию электромагнитных колебаний, и через 1,5 ч облучения количество бензпирена снижается на 50–60 %. Трансформация ПАУ ускоряется в несколько раз в присутствии окислителей, например перекиси водорода. Такой процесс очень важен при обработке почв, богатых гуминовыми веществами,

и сточных вод, которые быстро разрушаются при фотооблучении. Многие ПАУ устойчивы, но способны образовывать устойчивые продукты трансформации — анилин, индол. Наименее устойчивые фенолы и их производные, относящиеся к группе веществ, обладают высокой фитотоксичностью.

Среди ПАУ наибольшее влияние на биосферу оказывают фенолы, скорость разложения которых велика. При содержании фенола 500 мг/кг он не обнаруживается в стоках и почвах через 6 сут, крезолы — через 7–11 сут. Скорость трансформации их составляет примерно 40–120 мг/сут. Скорость разложения крезолов зависит от положения заместителей: наиболее устойчивы вещества с заместителем в метаположении по отношению к гидроксиду, а метильные производные менее устойчивы, чем хлорфенолы.

Характерно, что менее токсичные фенолы разлагаются быстрее высокотоксичных. Продукты окисления могут связываться глинистыми минералами или инкорпорироваться гуминовыми веществами. Установлено, что смесь диметилфенола и сиреновой кислоты в присутствии группы грибных ферментов (лакказы) образует ряд продуктов: димеры, тримеры и тетрамеры, включающие окисленные исходные вещества. Характерно, что такие продукты не образуют полимеров из-за блокирования концов димерных цепочек метильными и метоксильными группами.

Для большинства фенольных соединений сорбция (или хемосорбция) наиболее хорошо выражена для глин, насыщенных железом, меньше А1-глины, ещё меньше — глины, насыщенные медью или ионами кальция. Влияние поглощённых (обменных) катионов на сорбцию явно связано со способностью последних образовывать с катионами различных металлов комплексные соединения.

Если в образовании таких соединений участвуют свободные катионы почвенного раствора или сточных вод, то могут образовываться растворимые комплексы, и в таком виде многие металлы, в том числе и тяжёлые, активно мигрируют в почве и воде. Почва и сточные воды при этом освобождаются от загрязнения тяжёлыми металлами, хотя природные воды испытывают вторичное загрязнение.

5.6.2. Свойство масляных эмульсий и факторы, влияющие на их состав

Присутствие нефти и нефтепродуктов в воде способствует понижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз, что создаёт вокруг частиц дисперсной фазы прочный слой. Прочность связи частиц нефтепродуктов с частицами воды зависит от содержания в нефтепродуктах эмульгаторов: асфальтенов (А), смол (С) и высокоплавких парафинов (П) [14].

Эмульгаторы условно могут быть разделены на следующие три группы [14; 41]:

- смолистоасфальтеновые — $(C + A) : П \geq 0$;
- парафиновые — $(C + A) : П \leq 0$;
- смешанные — $(C + A) : П = 1,0 (0,8-1,2)$.

При взаимодействии нефти или нефтепродуктов с водой образуются эмульсии.

Эмульсия — это гетерогенная система, состоящая из двух не смешиваемых или малосмешиваемых жидкостей, одна из которых диспергирована в другой в виде мелких капелек (глобул) диаметром, превышающим 0,1 мкм. Эмульсия с диаметром частиц от 0,1 до 20 мкм считается мелкодисперсной; 20–50 мкм — среднедисперсной и более 50 мкм — грубодисперсной. Различают эмульсии по расположению глобул: масло в воде — гидрофильная эмульсия; вода в масле — гидрофобная.

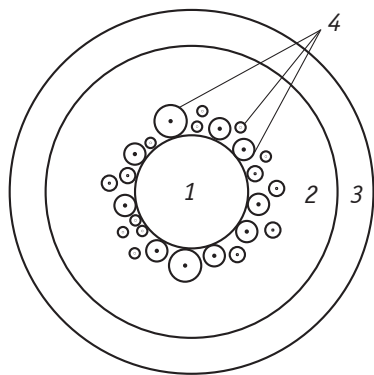


Рис. 5.5. Сложная структура водомасляной эмульсии:

- 1 — глобула воды; 2 — бронирующий слой; 3 — дисперсионная среда; 4 — сложные структурные единицы — социаты асфальтенов, механические примеси, окружённые сольватными оболочками

На рис. 5.5 представлена сложная структура водномасляной эмульсии.

Масла в зависимости от их химического состава и условий применения могут содержать различные примеси неорганических соединений (различные соли

и некоторые металлы). Масла в процессе применения в значительной степени обводняются. Нормативы разделения нефти по группам приведены в табл. 5.1 [14].

Таблица 5.1

Нормативы содержания примесей в применяемых группах масел

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Содержание воды, %, не более	0,2	1,0	1,0	1,0
Содержание механических примесей, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05

Различные по составу масла обладают разной склонностью к образованию эмульсии. По этому показателю масла подразделяются на три группы, приведённые в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Группы эмульсий «вода–масло»

Группа масла	Эмульсионность, %	d ₄ масла, кг/м ³	Содержание асфальтенов, %
Высокоэмульсионная	80–100	867–967	2,3–6,9
Промежуточная	40	826–869	0,6–1,0
Низкоэмульсионная	1,3–8,9	807–810	до 0,3

Кинетическая устойчивость (K_y) эмульсий, содержащих дисперсной фазы менее 3 %, выражается зависимостью

$$K_y = 1 : v, \quad (5.6)$$

где v — скорость оседания частиц воды. Скорость оседания капли воды радиусом r под действием силы тяжести может быть выражена по уравнению Стокса:

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho_v - \rho_m)}{\eta} \cdot g, \quad (5.7)$$

где ρ_v и ρ_m — соответственно плотность воды и масла; η — вязкость жидкой среды; g — ускорение свободного падения.

Очевидно, что если размеры капель и разность плотностей воды и масла незначительны (тяжёлое масло), а вязкость масла высокая, то скорость оседания капель весьма низкая, и эмульсия

практически не расслаивается даже в течение длительного времени. Напротив, при большом размере капель, значительной разности плотностей и низкой вязкости масла расслоение эмульсии идёт очень быстро. Поэтому для ускорения процесса разрушения эмульсии наряду с отстоем необходимо подвергать её другим мерам воздействия, направленным на укрупнение капель воды, увеличение разности плотностей, снижение вязкости масла.

При введении в эмульсии определённого типа вещества (деэмульгатора), способствующего образованию эмульсии противоположного типа, расслоение эмульсии облегчается. Наиболее широко в настоящее время используют специально синтезированные деэмульгаторы (асфальтеновые, асфальтеновые с наличием механических примесей, парафиновые, парафиновые с наличием механических примесей).

Прочность сольватного (стабилизационного или бронирующего) слоя, в котором сконцентрированы природные эмульгаторы, зависит также от pH среды. Оболочки с преобладанием асфальтенов имеют максимальную прочность в кислой среде и минимальную — в щелочной. Кроме того, имеет значение и соотношение количества смолы и асфальтенов в сольватном слое: эмульгирующие свойства асфальтенов лучше в кислой среде, а смол — в щелочной. Как правило, наименьшая прочность наблюдается при pH выделяемой воды, равном 7–8, т. е. в нейтральной или слабощелочной среде.

На стабильность эмульсий оказывает влияние также дисперсность частиц и свойство нефтепродуктов (плотность, вязкость и т. д.). Устойчивость эмульсии также зависит от количества и состава применяемого реагента (эмульгатора), pH водной фазы, среднего диаметра глобул воды, времени «жизни» эмульсии и температуры [10; 39].

5.6.3. Применяемые методы для разрушения масляных эмульсий

Для разрушения эмульсий их подвергают различным воздействиям, направленным на укрупнение капель воды, увеличение разности плотностей (движущая сила расслоения), снижение вязкости нефтепродуктов. Основные методы воздействия:

- подогрев эмульсий (термообработка);
- введение в эмульсии деэмульгаторов (химическая обработка);
- применение электрического поля (электрообработка) [39; 41].

На практике обычно применяют сочетание термохимического и электрического способов разрушения эмульсий. Было установлено, что нагревание даже до температуры 30–60 °С весьма эффективно снижает вязкость нефтепродуктов, значительно увеличивает разность плотности их и воды, уменьшает прочность защитной плёнки, окружающей капельки воды, в связи с повышением её растворимости в нефтепродуктах и ослабления физических межмолекулярных взаимодействий. Допускается подогрев лёгких нефтепродуктов до 100–120 °С, тяжёлых — до 140 °С, давление в интервале 0,6–1,8 МПа.

Наряду с термообработкой применяется также введение деэмульгаторов. Наиболее широкое применение нашли ПАВ-коллоиды, не образующие ионов в воде. Это такие органические вещества, как оксиэтилированные жидкие органические кислоты, алкилфенолы (ОП-10, ОП-30), органические спирты (неонол, оксанол). Нефтерастворимые ПАВ (дирокамин157, оксафон1107 и 43, прохинор 2258) образуют в нефти истинные или коллоидные растворы, до 10–15 % переходящие в воду. Более эффективно разрушаются эмульсии совместным воздействием термохимического и электрического методов (обработкой напряжением от 1 до 5 кВ/см).

Улучшение разделения нефтепродуктов и воды достигается также применением адсорбентов для сбора нефтепродуктов с поверхности воды [41].

Кинетика адсорбции при использовании новых адсорбентов на основе растительного сырья достигает равновесия в течение нескольких секунд. Коэффициент адсорбции повышается с увеличением дисперсности сорбентов, а расход уменьшается. Адсорбенты легко удаляются механически. После механического сбора отработанных адсорбентов их можно очистить промывным способом, а углеродсодержащие сорбенты — применять после брикетирования как топливо или подвергать пиролизу [39].

Зарубежные фирмы применяют технологию очистки нефтепродуктов путём использования механической сепарации (компания «Вестфалия», Испания). Нефтепродукты, отделённые от сточных вод в отстойниках и содержащие в своём составе механические примеси и небольшая часть воды, очищаются с использованием механической сепарации. Для удаления твёрдых частиц и воды из отходов нефтепродуктов используются декантеры и саморазгружающиеся сепараторы, расположенные за ними.

Сепаратор представляют собой горизонтальную, высокопроизводительную центрифугу с барабаном, оборудованным непроницаемой сеткой и шнеком, перемещающим твёрдые частицы к разгрузочному отверстию, откуда они непрерывно выгружаются. Декантеры и отстойники используются на первом этапе для извлечения твёрдых загрязнений и осветления, а расположенный за ними саморазгружающийся сепаратор удаляет из масел мелкие загрязнения и воду.

5.6.4. Перспективные методы очистки водоёмов от нефти и нефтепродуктов

Самым распространённым методом отделения нефти и нефтепродуктов от воды является применение сорбентов. Сорбция — поглощение вещества из жидкостей и газов твёрдым телом, газом или жидкостью.

Преимущество сорбционных процессов:

- применение к многокомпонентным системам;
- высокая эффективность;
- возможность извлечения сорбата при низкой концентрации;
- утилизация ценных растворённых веществ, извлечённых сорбентом;
- использование очищенных вод и газов в промышленных системах.

Для достижения значительного адсорбционного эффекта необходимо иметь адсорбенты, обладающие не только большой адсорбционной и селективной способностью по отношению к отдельному компоненту, но и способностью к быстрому восстановлению их адсорбционных свойств, т. е. к регенерации [41; 64].

В промышленной практике широкое применение получили углеродные, минеральные и синтетические адсорбенты. К первым относятся активные угли, торф, растительные отходы; к минеральным — силикагели, алюмогели, цеолиты или глауконит; к синтетическим — синтезированные полимерные сорбенты.

Из углеродных сорбентов наибольшее применение находят активированные угли, обладающие относительно высокой поверхностью и пористостью. По форме и размеру частиц активные угли могут быть порошкообразные (с размером частиц менее 0,1 мм), дроблёные (частицы неправильной формы размером 0,5–5,0 мм) и гранулированные (с размером частиц до 5 мм). Процесс сорбции с применением активных углей проводят как в газовой, так и жидкой фазе. Порошкообразные угольные сорбенты наиболее эффективно применять на конечной стадии очистки воды. Такие сорбенты активно поглощают из воды фенолы, пестициды, нефтепродукты, соединения тяжёлых металлов и вещества, обуславливающие неприятный привкус и запах воды.

Торф как сорбент имеет преимущественно объёмный и специфический характер сорбции вследствие наличия большого количества функциональных групп -COOH и -OH. Азотсодержащие группировки придают торфу свойства амфотерности. Исследование ионообменных равновесий в торфе различной природы показало его высокую селективность объёмного действия, проявляющуюся в зависимости объёмной ёмкости торфа от природы иона и в значительном различии концентрационных констант обмена $Me-H$, что создаёт предпосылки к использованию торфа для разделения и улавливания ионов. Для торфа характерна не только ионообменная, но и физическая адсорбция. Применение гранулированного (зернистого) сорбента на основе торфа для очистки нефтяных эмульсий дало положительные результаты — степень очистки составила 97–98 %. Модифицированные цеолитами торфяные фильтрующие материалы обладают высокой поглощательной способностью (до 12 частей нефти на 1 часть собственного веса) и являются гидрофобными и нефтефильными, экологически чистыми материалами, легко

утилизируются путём сжигания или производства топливных брикетов.

Эффективно применение гидрофильных буроугольных нефтяных адсорбентов, а также сорбентов на основе рисовой и гречневой шелухи для улавливания нефти не только с поверхности воды, но и с поверхности почвы. Достоинством адсорбентов на основе шелухи является возможность использования их с применением различных способов нанесения на поверхность, фильтрования через слой сорбента. Причём применение их в сочетании с другими материалами (асбестом, песком и др.) позволяет проводить чисто механическое фильтрование и собирать остаточное количество нефти и нефтепродуктов, очистив воду до требуемых норм.

Одним из преимуществ угольных адсорбентов является возможность их многократного использования путём регенерации. Важнейшей стадией регенерации адсорбентов является их десорбция, которая в общей стоимости процессов составляет 50–70 % [41]. Десорбционным агентом является обычно острый насыщенный или перегретый водяной пар, горячий воздух, инертные газы, пары органических веществ.

Промышленное применение находят также силикатные минеральные адсорбенты (силикагели и алюмогели) благодаря возможностям регулирования их пористой структуры в зависимости от условий получения. Цеолиты (молекулярные сита) — алюмосиликаты, содержащие в своём составе оксиды щелочных и щёлочноземельных металлов и отличающиеся строго регулируемой структурой пор [64]. Запасы природных цеолитов практически неограничены, их применение может быть значительно расширено, особенно после химического модифицирования. Несмотря на высокие адсорбционные свойства минеральных сорбентов, они не нашли широкого применения в очистке воды и почв от нефти и нефтепродуктов.

В последние годы для очистки сточных вод и водоёмов от нефти и нефтепродуктов используются полимерные пенонаполненные сорбенты. Разработан новый полимерный адсорбент для очистки водных сред от загрязнений нефтью и нефтепродуктами, представляющий собой высокоэластичный гелеобраз-

ный полимерный материал, способный ограниченно набухать в нефти, нефтепродуктах и других гидрофобных органических веществах. Получаемый гелеобразный адсорбент работает всем своим объёмом. Его сорбционная ёмкость равна 5–15 кг углеводородов на 1 кг сухого адсорбента, плотность адсорбента меньше плотности воды, поэтому он не тонет и всегда находится на границе раздела фаз. Существенно и то, что вода не проникает внутрь адсорбента [41].

Поглощённые углеводородные субстраты легко удаляются из адсорбента, например, экстракцией легкокипящих растворителей. После отгонки последних выделенная нефть может быть использована как товарный продукт. Материал адсорбента выдерживает до 50 циклов без разрушения, извлекая до 250 т нефти на 1 т сорбента. В настоящее время разработано и применяется несколько видов аналогичных сорбентов: вспененный полиуретан (ВПУ), торфяные брикеты, сорбент графитовый, активированный алюмосиликат (ААА). Разработан также универсальный сорбент (синтапэкс), близкий по своим свойствам к ватину и синтепону, но значительно дешевле. Собранный нефтепродукт легко отжимается от синтапэкса в количестве 70–80 % от впитавшегося продукта, что позволяет утилизировать часть разлитого продукта и при этом многократно использовать сорбент.

В табл. 5.3 приведены сравнительные характеристики различных органических и неорганических сорбентов [41].

Таблица 5.3

**Сравнительная характеристика
применяемых в промышленности сорбентов**

Сорбент	Нефтепоглощение, г/г	Водопоглощение, г/г	Степень отжима нефти, %
Карбамидформальдегидная смола	39,60	–	60
Поролон	14,50	1,30	75
Синтепон	46,30	42,50	94
Ватин	24–27	0,50	87
Лавсан: образец А	14,05	13,9	82
образец Б	7,27	7,08	66

Сорбент	Нефтепо- глощение, г/г	Водопо- глощение, г/г	Степень отжима нефти, %
Стекловолокно простёганное	5,42	1,72	60
Растительные: солома пшеничная	4,10	4,30	36
камышовая сечка	8,2–2,66	4,68	18–30
древесные опилки	1,72	4,31	10–20
Отходы ватного производства	8,30	0,26	60
Шелуха гречки	3,0–3,5	2,20	44
Торф	17,71	24,28	74
«Лесоруб» (торфяная пыль обработанная)	9,10	2,50	66
«ПитСорб» (ФРГ, фирма «КлонИнк»)	6,19	0,71	0
Разработанный сорбент (синтапэкс)	24,45	0,20	83

Выбор адсорбентов осуществляется в зависимости от условий, количества разлитой нефти или нефтепродуктов, а также от объёма водоёма и т. д.

5.6.5. Особенности процесса извлечения разливов нефти из водоёмов

При разливе нефти в водоёме в первую очередь принимаются меры по недопущению распространения нефти на большую территорию путём ограждения места разлива и максимальной откачки нефти из водоёма. После откачки нефти производится обработка места разлива сорбентом, состав и количество которого выбирается в зависимости от природных условий и процентного содержания нефти в воде. Важнейшим показателем эффективности применения сорбционных методов извлечения нефти из водоёма является активность адсорбентов и простота их регенерации. Конечно, применение синтетических сорбентов наиболее экономично. Но в случае применения углеродосодержащих или минеральных адсорбентов не менее важное значение имеет эффективность их регенерации.

Процессы десорбции могут проводиться при атмосферном давлении, под вакуумом и при повышенном давлении. Необходимым условием при этом должно быть наличие порогового температурного уровня, после достижения которого обеспе-

чивается интенсивное удаление адсорбата. Основной стадией процесса регенерации адсорбентов является реактивация, т. е. восстановление адсорбционной и каталитической способности активных углей или минеральных адсорбентов. Реактивация осуществляется следующими методами: экстракционным — путём промывки угля различными растворителями, например, толуолом; термическим или химическим методами. Первый проводят перегретым паром при температуре 300–600 °С, второй — обработкой адсорбента растворами минеральных кислот, щелочей при температуре 30–100 °С [41]. Наиболее эффективным химическим методом является также обработка адсорбента кислородом, озоном или другими кислородсодержащими газами.

5.7. Технология извлечения металлов из кислых шахтных вод

В процессе добычи медьсодержащих руд шахтным способом образуются значительные количества кислых шахтных вод, содержащих ценные металлы — медь, цинк, железо [7].

При нейтрализации шахтных вод известковым молоком получают гипсосодержащие шламы приведённого в табл. 5.4 состава.

Таблица 5.4

Химический состав продуктов, получаемых при переработке кислых шахтных вод, %

Процесс	FeOОН	CuO	ZnO	Гипс	(NH ₄) ₂ SO ₄
Нейтрализация шлама известью	16–20	1,2–1,7	2,0–3,0	50–70	–
Предлагаемый процесс	20,0	2,5	1,5	50,9	25,1

Так, например, в результате длительной нейтрализации известковым молоком кислых вод шахты «Центральная» г. Карабаша наработано около 0,5 млн т шламов, приведённого в табл. 15.4 состава. Шлам такого состава не находит промышленного применения. В связи с этим разработана технология его переработки с получением железистоокисных пигментов, меди и цинка.

Предлагаемый технологический процесс переработки шламов заключается в обработке шламов серной кислотой, переводя указанные металлы в раствор и отделяя от раствора гипса фильтрацией [7]. Из фильтрата цементацией извлекают медь, а гальванокоагуляцией — цинк. Очищенный фильтрацией раствор сульфата железа нейтрализуют карбамидом с получением товарного пигмента и сульфата аммония. При переработке 15 000 т шламов в год получают 3 000 т пигмента, 4 400 т гранулированного сульфата аммония, 7 000 т полуфабриката строительного гипса, 375 т полуфабриката цинка и 225 т меди.

В процессе переработки шлама по такой технологии не образуется собственных отходов, стоков и вредных газовых выбросов. Однако реализация такого проекта потребует общих капиталовложений в размере 5,0–5,5 млн долл. При этом норма прибыли должна составить 300 %, а срок окупаемости — не более 1,5 года. После разработки такого проекта прошло более 10 лет, а средств для его внедрения пока не нашлось, в основном по причине сложности предлагаемой технологии, низкого качества большинства получаемых продуктов, требующих дополнительных средств на их переработку или применение.

Основным недостатком накопленных шламов является высокое содержание в них водорастворимых веществ (5 % и более), что не позволяет использовать такие отходы, несмотря на относительно высокое содержание в них железа, в качестве пигмента. Однако такие отходы после специальной обработки возможно применять в качестве носителя для нанесения на его поверхность пигментной оболочки, состоящей из оксидов металлов. Такие технологии по получению пигментов различных цветов и назначения применяются в промышленных условиях, в том числе и по получению железистоокисных пигментов путём нанесения оксида железа на поверхность тонкодисперсного носителя (каолина, слюды, глинозёма и т. д.) [18].

Особенность разработанной технологии получения железистоокисных пигментов с использованием шлама в качестве носителя заключается в его предварительной обработке гидроксидом бария для снижения водорастворимых веществ, последующего нанесения на поверхность оксида железа, фильтрации, сушки

и измельчения обработанного продукта. Схема предложенного технологического процесса приведена на рис. 5.6.

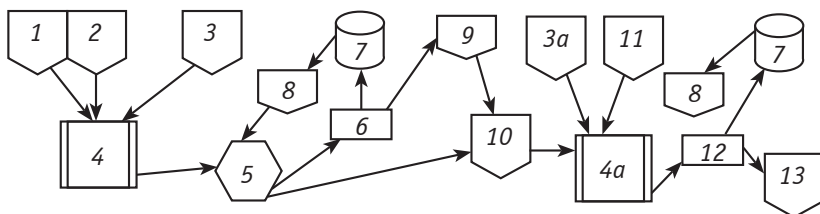


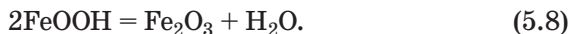
Рис. 5.6. Технологическая схема получения пигмента с использованием шлама:

- 1 — бункер шлама; 2 — ёмкость сернокислых отработанных травильных растворов (СОТР); 3 — бункер каустического магнезита; 4, 4а — реактор, оборудованный паровой рубашкой и мешалкой; 5 — фильтр-пресс; 6 — комбинированная сушилка; 7 — конденсатор; 8 — ёмкость для конденсата; 9 — бункер для пигмента; 10 — ёмкость для фильтрата; 11 — ёмкость для серной кислоты; 12 — распылительная сушилка; 13 — бункер для кристаллического сернокислого магнезия

Согласно разработанной технологии переработка шлама ведётся в реакторе (4) путём осаждения на его поверхности оксида железа из СОТР, взятых в соотношении 1 : 1, путём нейтрализации сульфатов, находящихся в СОТР, каустическим магнезитом, медленно подаваемым из бункера (3) до pH суспензии, равного 7,0–7,5, не допуская сильного вспенивания раствора в реакторе. При таких условиях протекает следующая реакция:

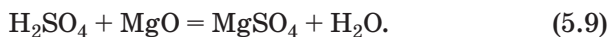


После окончания реакции суспензию фильтруют на фильтр-прессе (5), промывая пасту на фильтре (для снижения в ней водорастворимых веществ) конденсатом, подаваемым из ёмкости (8). Пасту с фильтра подают шнеком в комбинированную сушилку, где она сушится при температуре 110 °С при получении жёлтого пигмента и 320 °С — при получении красного пигмента и измельчается до заданной дисперсности. При сушке пасты протекает реакция

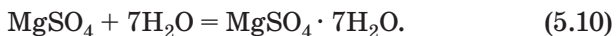


При сушке пасты выделяющиеся из неё пары конденсируются в конденсаторе (7), конденсат собирается в ёмкости (8) и используется для отмывки от пасты водорастворимых веществ. В комбинированной сушилке высушенный продукт измельчается до заданных размеров и передаётся шнеком в бункер пигмента (9).

Фильтрат после фильтр-пресса собирается в ёмкости (10) и по мере накопления подвергается переработке. В связи с тем, что в фильтрате низкое содержание сульфата магния, проводить выпаривание воды из фильтрата экономически невыгодно. Для повышения концентрации сульфата магния в фильтрате в него перед переработкой в ректор (4) добавляют концентрированную серную кислоту из ёмкости (11) до содержания сульфат-ионов в объёме 36–40 %. Затем проводят нейтрализацию раствора каустическим магнезитом до pH, равного 4,5–5,5. При нейтрализации протекает следующая реакция [21; 22]:



Нейтрализованный раствор в горячем виде насосом под давлением подают в распылительную сушилку (12), где происходит кристаллизация сульфата магния по реакции



При кристаллизации сульфата магния из распылительной сушилки избыточная влага испаряется, пары конденсируются в конденсаторе (7), конденсат накапливается в ёмкости (8) и используется для отмывки пасты пигмента от водорастворимых веществ.

Кристаллический сульфат магния из сушилки шнеком выводится в бункер сульфата магния (12).

Однако проводимая нейтрализация кислых шахтных вод такого состава известковым молоком не только неэкономична, но и, самое главное, получаемые по такой технологии шламы не находят практического применения, загрязняя окружающую территорию и водоёмы. В связи с этим использование для нейтрализации кислых шахтных вод каустического магнезита или пыли доломита, полученной прокаливанием доломита при температуре до 800 °С, и применение вышеописанного оборудова-

ния и технологической схемы переработки фильтрата, заменив шлам на кислые шахтные воды, позволит получать продукты высокого качества (железосодержащий пигмент и магнезиальное вяжущее).

Техническая характеристика применяемого для переработки отходов оборудования приведена в табл. 5.5 [20].

Таблица 5.5

Характеристика применяемого для переработки кислых шахтных вод оборудования

Оборудование	Кол-во, шт.	Техническая характеристика оборудования
Ёмкость	2	Сталь 1Х18Н9Т, объёмом по 10 м ³ , для серноокислых растворов и серной кислоты
Насос	2	Ш80 АИР 80 А2 Р _{ном} 1,5 кВт; V 3 000 об./мин
Пресс-фильтр	1	Плиторамочный, 5 секций, полипропилен; площадь прокачки плиты 10 м ²
Бункер	2	Сталь СтЗ, объём 5 м ³ для шлама и магнезита
Реактор	1	Сталь 1Х18Н9Т с мешалкой, объёмом 5 м ³ ; привод АИР 132 S6УЗ; Р _{ном} 5,5 кВт; V 1 000 об./мин
Насос	2	Ш100 АИР 100S 2; Р _{ном} 4 кВт; 3 000 об./мин
Комбинированная сушилка	1	Сталь 1Х18Н9Т для сушки пигмента; объём 20 м ³ (Д 2 м, Н 5 м)
Распылительная сушилка	1	Сталь СтЗ, для сушки и кристаллизации магнезия серноокислого; объём 20 м ³ ; Д 2 м, Н 4 м
Вентилятор	2	АИР 80 В2; Р _{ном} 2,2 кВт; V 3 000 об./мин
Конденсатор	2	Сталь 1Х18Н9Т для конденсации паров, объём 5 м ³
Бункер	1	Сталь СтЗ, объём по 5 м ³ , для пигмента и магнезия серноокислого
Контейнер	10	Резинокордовые, объём 0,6 м ³ ; возвратные
Шнек	2	Сталь 1Х18Н9Т, Д 2 м, для передачи шламов
Тельфер	1	

5.8. Биотехнологические процессы, применяемые для очистки сточных вод

Биологическая очистка природных и сточных вод достаточно хорошо изучена и широко применяется в промышленности. Роль и применение такой очистки, особенно для сточных вод, постоянно возрастает в связи с повышением экологических тре-

бований к качеству воды и экономичностью современных видов производств. Однако такой метод в его настоящем применении может разрушать только относительно простые органические и аммонийные соединения.

Неорганические токсичные соединения (сульфиды, сульфиты, нитриты и др.), комплексные и сложные органические соединения удаляются этим методом лишь частично, а поэтому разработка методов детоксикации таких соединений пока находится в стадии разработки. Среди ксентобиотиков наибольшее распространение имеют гербициды и пестициды, представляющие собой галогеносодержащие органические соединения и попавшие в водоёмы из атмосферы и почв.

Такие соединения без применения специальных адсорбционных мембранных технологий или озонирования не решают полноту очистки воды. В связи с этим пока решён вопрос только о предварительной очистке сточных вод от указанных ксентобиотиков.

Для обеспечения качества очищенных вод, соответствующих нормативам, применяются следующие биотехнологические процессы:

1. Селекция и конструирование искусственных микробных ассоциаций, заключающиеся в поиске, выделении активных культур, штампов, исходя из их способности использовать те или иные ксенобиотики по прямому метаболизму или в условиях соокисления с последующим внесением их в биореакторы в качестве посевного материала.

2. Совершенствование иммобилизационных комплексов путём применения процесса, при котором клетки (ферменты) прикрепляются к какой-либо поверхности так, чтобы их гидродинамические характеристики отличались от показателей среды обитания. При этом достигаются следующие положительные эффекты:

- сохраняется практически постоянной биомасса в биореакторе в связи с тем, что отсутствует её вынос с потоком очищаемой воды;

- создаётся пространственное распределение микроорганизмов по ходу движения жидкости с чётким регулированием процесса;

- повышается производительность процесса, что уменьшает объём реактора;
- повышается устойчивость системы к неравномерности поступления сточных вод;
- производится регулирование процесса по составу носителей.

3. Применение в биореакторе ферментативного катализа, заключающегося в воспроизводстве определённого вида ферментов или препаратов для биодеструкции конкретного ксентобиотика, повышает скорость процесса на 2–3 порядка, что также позволяет снизить объём биореактора.

4. Применение физико-химического (ультрафиолетового излучения, радиационного воздействия, высокочастотной электромагнитной обработки, обмагничивания) или химического воздействия (нитрозоамины, сильные окислители и пр.) позволяет повысить очистку сточных вод на 50–70 %. Однако в этом случае требуется периодическая обработка биомассы.

5. Более эффективным и перспективным для очистки сточных вод является метод генноинженеринговых комбинаций, сущность которых заключается в использовании рекомбинантной ДНК: соединений определённых катаболических последовательностей специфических генов, ответственных за деструкцию какого-либо звена молекулы ксентобиотика, обеспечивающего его устойчивость. Введение в гены быстрорастущих штаммов позволяет получать эффективные культуры, помещение которых в биореактор обеспечивают эффективную детоксикацию очищаемой воды [39; 41].

Глава 6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ ТОКСИЧНЫХ РАСТВОРОВ

6.1. Технологии переработки отработанных сернокислых растворов

6.1.1. Состав и области применения отработанных сернокислых растворов

На предприятиях машиностроения и металлургической промышленности при обработке металла кислотами образуются огромные количества отработанных растворов, которые нейтрализуются известью или известковым раствором, в результате чего образуются различного состава шламы. Шламы не находят промышленного применения и длительное время складываются на территории предприятий, загрязняя окружающую среду [8]. В последние годы специалистами разработаны эффективные технологии переработки отработанных растворов, наиболее перспективные методы утилизации которых приводятся далее.

Из всех кислот в промышленности для обработки различного сырья и травления металлов наибольшее применение находит серная кислота. Характеристики получаемых отработанных разбавленных кислот и растворов травления металлов приведены в табл. 6.1 [17; 21].

Получаемые при переработке таких растворов продукты (смесь сульфатов железа и кальция, упаренная кислота и выделенные при её упаривании соли) не находят широкого применения. Однако в промышленности применяется в значительном количестве природный и синтетический гипс для изготовления различных строительных материалов и изделий. На металлургических предприятиях широко используются различного назначения огнеупорные материалы и изделия, изготавливаемые на основе магнезиальных вяжущих.

Так, например, для защиты желобов металлургических печей от термического воздействия расплавленного металла применяются замазки, изготавливаемые из шамота, огнеупорной глины

Качественные показатели применяемых отработанных растворов, %

Показатель	Электролит	Отработанная серная кислота	Серноокислый ОТР	Концентрированная серная кислота	Раствор травления латуни
Сульфат-ионы	24–26	20–26	26–28	92,5	3,2–4,7
Соединения железа	–	6–8	7–8	0,1	0,1–0,2
Соединения хрома	–	2–3	–	–	–
PbSO ₄ ZnSO ₄	5–6/ –	–	–	–	–/7–9
MgO	–	1–2	1–2	–	–
CuSO ₄	–	–	–	–	6–8
Вода	68–71	61–67	62–66	7,4	–
Плотность, г/см ³	1,2–1,3	1,28–1,32	1,6–1,7	1,8–1,84	3,56–3,65

и горькой соли, завозимой из Казахстана (по ТУ 6-18-153-82), где её получают выпариванием воды Каспийского моря. Замена такой соли на кристаллический серноокислый магний, получаемый путём нейтрализации серноокислых отработанных травильных растворов, на Череповецком металлургическом комбинате для изготовления замазок и огнеупорных изделий, показала не только улучшение качества последних, но и снизило затраты на их производство. Металлургические предприятия страны горькую соль применяют для изготовления разнообразных огнеупорных изделий, в том числе и для изготовления блоков для кладки металлургических печей [21].

При переработке отработанных кислот и серноокислых отработанных травильных растворов указанного в табл. 6.1 состава, кроме кристаллической горькой соли можно получать железистоокисный пигмент, соответствующий по качеству выпускаемому пигменту, который находит широкое применение для изготовления грунтов, эмалей и красок различного назначения и пока в основном поставляется в страну зарубежными фирмами [18].

6.1.2. Комплексная технологии переработки отработанных сернокислых растворов

В ряде институтов и лабораторий предприятий разработаны и проверены в промышленных условиях с положительными результатами перспективные технологии получения различных высококачественных строительных и огнеупорных материалов и изделий с использованием вышеуказанных растворов. Технологическая схема переработки отработанных растворов приведена на рис. 6.1.

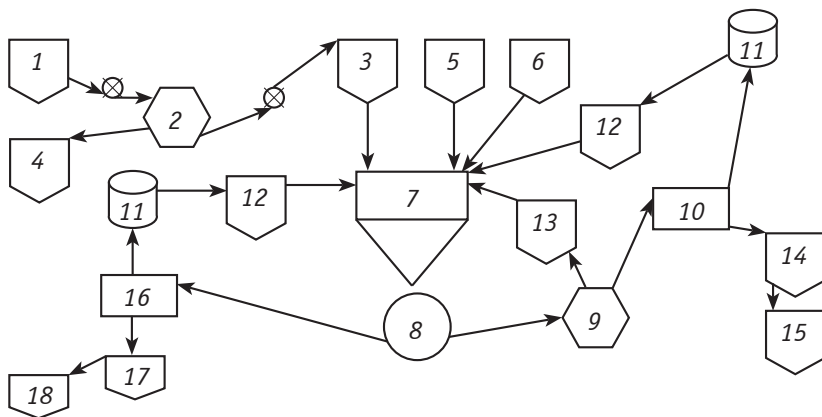


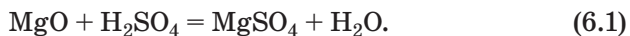
Рис. 6.1. Технологическая схема переработки сернокислых отходов:
1 — ёмкость для электролита и сернокислого ОТР; 2, 9 — фильтр-пресс;
3 — ёмкость для очищенного электролита и ОТР; 4 — ёмкость для шлама;
5 — бункер магнезита; 6 — ёмкость для серной кислоты; 7 — реактор с мешалкой; 8 — насос для перекачки суспензий; 10 — комбинированная сушилка; 11 — конденсатор паров; 12 — ёмкость для конденсата;
13 — ёмкость для фильтрата; 14, 17 — бункер готовой продукции;
15, 18 — контейнеры; 16 — распылительная сушилка

6.1.3. Получение горькой соли из отработанного электролита

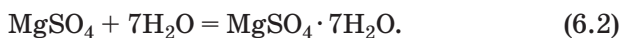
В случае если отработанный электролит содержит осыпавшие электроды (PbSO_4), то он из ёмкости (1) насосом перекачивается на фильтр-пресс (2) для очистки от указанных примесей. С фильтр-пресса очищенный электролит перекачивается в ём-

кость осветлённого электролита (3), а осадок передаётся в бункер (4) и возвращается поставщику электролита.

Процесс получения магния сернокислого при использовании отработанного электролита и отделения от него осыпавшихся электродов протекает в реакторе (7) по следующей реакции [34; 47]:



При охлаждении раствора в распылительной сушилке идёт кристаллизация с образованием соли — кристаллической горькой соли по реакции



До начала процесса в реактор объёмом 5 м³ (7) насосом из хранилища закачивается отработанный электролит в количестве 3,5 м³ (3,75 т), после чего в реактор добавляется насосом концентрированная кислота из ёмкости (6) примерно в количестве 0,9 м³ (1,8 т) до плотности раствора 1,36–1,42 г/см³ при работающей мешалке. Затем в бункер (5) при помощи тельфера загружается примерно 850 кг каустического магнезита, который медленно при работающей мешалке подаётся в реактор (7), не допуская вспенивания суспензии, до рН, равного 4,5–5,0. При нейтрализации кислотного раствора температура в реакции повышается до 150–200 °С.

После выдержки суспензии в реакторе в течение 10–15 мин горячая суспензия насосом (8) перекачивают в течение часа в распылительную сушилку (16), предварительно включив в работу вентилятор сушилки. В сушилке производится кристаллизация магния сернокислого, его образующиеся кристаллы оседают в сборнике, расположенном внутри сушилки, и по мере накопления шнеком передаются в бункер (17), откуда готовая продукция загружается в контейнеры (18) и отправляется на склад. В зависимости от качества отходного электролита будет получаться магний сернокислый 1-го или 2-го сорта.

Для получения 1 т горькой соли расходуется 170 кг каустического магнезита, 200 кг концентрированной кислоты и 630 кг отработанного электролита.

6.1.4. Получение гипса из отработанного электролита

В случае необходимости можно получать гипс путём нейтрализации отработанного электролита известковым молоком. Для упрощения процесса — исключения стадии выпаривания суспензии избыточной влаги в отработанном электролите повышают концентрацию сульфат-ионов до 75–76 % путём добавления в него концентрированной серной кислоты из ёмкости (6). В реакторе при подаче известкового молока протекает следующая реакция [34; 47]:



Нейтрализованную суспензию из реактора (7) насосом (8) перекачивают в горячем виде в распылительную сушилку (16), где производят сушку гипса до состава $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который при температуре 105–110 °С переходит в полутороводный гипс, пригодный для производства гипсовых изделий. Готовый гипс из сушилки шнеком перекачивают в бункер готовой продукции (17) и далее засыпают в контейнеры (18).

6.1.5. Получение железистоокисного пигмента и вяжущего из отработанных травильных растворов

Железистоокисный пигмент получают путём нейтрализации в реакторе (7) сернокислого ОТР каустическим магнезитом до $\text{pH} = 7,0\text{--}7,5$ при постоянном перемешивании суспензии и подаче воздуха. При нейтрализации в реакторе протекает следующая реакция:



Горячая суспензия подвергается фильтрации на фильтр-прессе (9), где от суспензии отделяется железосодержащая паста, которая на фильтре промывается до отсутствия в ней водорастворимых веществ конденсатом, получаемым при конденсации паров в конденсаторе (11) и накапливаемым в ёмкости (12). Затем пасту шнеком подают в комбинированную сушилку (10), предварительно включив вентилятор. В сушилке паста не только высушивается, но и измельчается до заданной дисперсности, а получаемый продукт по мере накопления в бункере (14) расфасовывается в контейнеры (15).

Фильтрат, содержащий магний сернокислый, и промывная вода собираются в ёмкости (13) и по мере накопления перекачиваются в реактор (7), где суспензия доукрепляется концентрированной серной кислотой до содержания в ней сульфат-ионов 38–42 % и перерабатывается в реакторе по ранее приведённой технологии (нейтрализацией суспензии каустическим магниезитом до pH = 5,0–5,5), при этом протекает реакция (6.1) и далее в распылительной сушилке реакция (6.2).

6.1.6. Выделение меди из растворов латуни

Процесс переработки растворов травления бронзы основан на выделении меди из раствора введением более активного металла или его соединения.

Таким соединением может быть каустический магниезит или магниезиальная пыль. При обработке раствора каустическим магниезитом протекает реакция



От полученной суспензии отделяют на фильтр-прессе оксид меди, а фильтрат после добавки к нему концентрированной серной кислоты до 26 % нейтрализуют каустическим магниезитом и подвергают сушке в распылительной сушилке с получением горькой соли. Оксид меди после сушки можно использовать в качестве сырья для получения медных пигментов (медянки, бременской сини или зелени) по традиционным технологиям или для изготовления фосфатного вяжущего и фасадных красок на его основе.

6.1.7. Выделение цинка из раствора сульфата цинка

Выделить цинк из сернокислых растворов возможно двумя методами: обработкой аммиачным раствором или карбонатом аммония и последующей сушкой выделенных осадков в распылительной сушилке. При обработке сульфата цинка аммиачным раствором получается оксид цинка и сульфат аммония, а при обработке сульфата цинка карбонатом аммония образуется карбонат цинка и сульфат аммония (а. с. № 1178786; 1984). Оксид и карбонат цинка применяются в производстве белых

пигментов, а также для изготовления фосфатного вяжущего, используемого в производстве многих строительных материалов, в том числе фасадных красок.

Качественные показатели получаемых продуктов приведены в табл. 6.2 [18].

Таблица 6.2

Качественные показатели железистоокисного пигмента, гипса и горькой соли

Показатель	Железистоокисный пигмент		Гипс	Кристаллический сернистый магний		
	Опытный	ТУ 2322-01 3300209705		1 сорт	2 сорт	ТУ 6-18-153-82
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$, %, не менее	отс.	отс.	0,2	96	91	90
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$, %, не более	отс.	отс.	–	отс.	отс.	1,0
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	–	–	98,0	–	–	–
NaCl, %, не более	отс.	отс.	–	отс.	отс.	1,0
Fe_2O_3 , %, не менее	94	94	0,1	–	6,0	–
Укрывистость, г/м ²	не >7	не >7	–	–	–	–
Дисперсность, мкм	не >25	не >25	–	–	–	–
Нерастворимый в воде остаток, %	99,5	99,5	–	1,0	1,5	не >3
pH	6–8	6–8	7,5	–	–	–

Плотность получаемой горькой соли — 1,36–1,50. В процессе применяется 12 видов оборудования, характеристика которых приведена в табл. 6.3 [20].

Таблица 6.3

Характеристика применяемого для переработки отработанных растворов оборудования

Оборудование	Кол-во, шт.	Техническая характеристика оборудования
Ёмкость	4	Сталь Ст3, объёмом по 10 м ³ , 4 ёмкости для электролита, серной кислоты, фильтратов
Насос для перекачки растворов	2	Ш80 АИР 80 А2; Р _{ном} 1,5 кВт; 3 000 об/мин, для перекачки растворов и кислоты
Пресс-фильтр	2	Плиторамочный, 5 секций, полипропилен; площадь прокачки плиты 10 м ²

Оборудование	Кол-во, шт.	Техническая характеристика оборудования
Бункер	4	Сталь Ст3, объём 0,5 м ³ для шлама свинца, 2 м ³ для магнетита, 2 по 5 м ³ для готовой продукции
Реактор с мешалкой	1	Сталь 1X18Н9Т, объём 5 м ³ , привод АИР 132 S6У3; Р _{ном} 5,5 кВт; 1 000 об/мин
Тельфер	1	Грузоподъёмность 1 т
Насос для перекачки вяжущих	2	ТШ 100 АИР100 S 2; Р _{ном} 4 кВт; 3 000 об/мин
Распылительная сушилка	1	Сталь 1X18Н9Т для сушки и кристаллизации магния сернокислого; объём 20 м ³ ; Д 5 м, Н 4 м
Вентилятор	1	АИР 80 В2; Р _{ном} 2,2 кВт; 3 000 об/мин
Конденсатор	2	Сталь 1X18Н9Т для конденсации паров
Контейнер	8	Резинокордовые, объём 0,6 м ³ ; возвратные
Шнек	2	Сталь 1X18Н9Т для передачи готовой продукции

6.2. Перспективные методы переработки отработанных хлорсодержащих растворов

6.2.1. Перспективный метод переработки отработанных солянокислых растворов

1. Характеристика отработанных хлорсодержащих растворов. Химический состав получаемых наиболее распространённых на предприятиях солянокислых отработанных растворов приведён в табл. 6.4 [17; 21].

Таблица 6.4

Химический состав хлорсодержащих отработанных растворов, %

Компонент	Отработанная соляная кислота	Солянокислый ОТР	Отработанный ZnCl ₂	Отработанный раствор травления латуни
Соляная кислота	10–24	4–5	–	4,1
Соединение цинка	–	–	46–48	6,2
Соединение железа	3–6	18–20	2–4	–
Хлор	–	–	36–38	–
Соединение меди	–	–	–	5,4
Вода	Остальное	Остальное	Остальное	Остальное

2. Переработка отработанной соляной кислоты и солянокислого ОТР. Для переработки таких растворов применяется оборудование, технологическая схема которого приведена ниже.

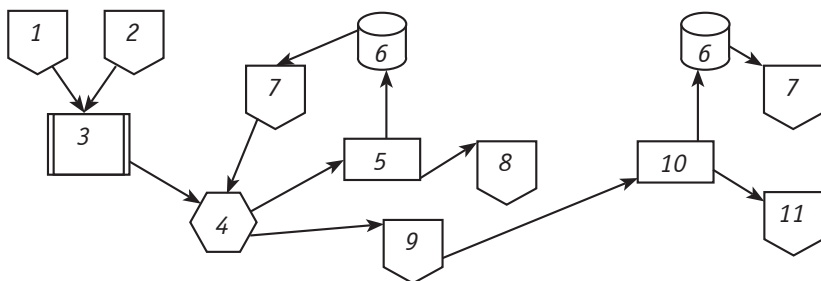
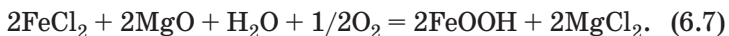
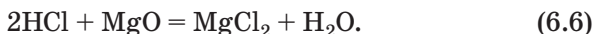


Рис. 6.2. Технологическая схема переработки отработанных растворов: 1 — ёмкость для отработанных растворов; 2 — бункер каустического магнетита; 3 — реактор; 4 — фильтр-пресс; 5 — комбинированная сушилка; 6 — конденсатор паров; 7 — сборник конденсата; 8 — бункер пигмента; 9 — ёмкость для фильтрата; 10 — распылительная сушилка; 11 — бункер готового продукта

Отработанную соляную кислоту в заданном объёме закачивают насосом из ёмкости (1) в реактор (3), затем туда же из бункера (2) постепенно, не допуская сильного вспенивания суспензии в реакторе, при постоянном перемешивании суспензии и продувки воздухом, подают каустический магнетит, доведя pH суспензии до 7,0–8,5. При нейтрализации кислоты протекают следующие реакции [34; 47]:



Горячую суспензию из реактора (3) насосом перекачивают на фильтр-пресс, где отфильтрованную железосодержащую пасту промывают от водорастворимых веществ конденсатом, подаваемом из ёмкости (7). Пасту из фильтра подают в комбинированную сушилку (5), в которой она не только сушится при температуре 110–120 °С при получении жёлтого железокислого пигмента и 300–320 °С — при получении красного железокислого

пигмента, в процессе сушки удаляется избыточная влага и протекает следующая реакция:



Выделяющиеся пары конденсируются в конденсаторе (6) и конденсат собирается в ёмкости (7). В сушилке высушенный пигмент измельчается до заданных размеров, после чего шнеком передаётся в бункер (8). Фильтрат, накопленный после фильтрации суспензии на фильтр-прессе, из ёмкости в (9) насосом подаётся в распылительную сушилку (10). В сушилке происходит при сушке суспензии кристаллизация бишофита по реакции



Пары, выходящие из распылительной сушилки, конденсируются в конденсаторе (6) и собираются в ёмкости (7), а накапливающийся в сушилке бишофит шнеком выводится из приёмника сушилки в бункер (11) и засыпается в контейнеры.

Аналогично перерабатывается и солянокислый ОТР. Для получения 1 т бишофита и 189 кг пигмента расходуется 180 кг каустического магнезита и 1 т отработанной соляной кислоты или столько же солянокислого ОТР.

3. Переработка отработанных цинк- и медьсодержащих растворов. Растворение отработанной цинксодержащей соли (ZnCl_2) проводят в реакторе (3) фильтратом, подаваемым насосом из ёмкости (9). Затем из бункера (2) в реактор медленно подают каустический магнезит, перемешивая суспензию и не допуская её сильного вспенивания, доводя рН в суспензии до 6,5–7,5. При этом в реакторе протекает следующая реакция [34; 47]:



После окончания реакции (прекращения вспенивания раствора) суспензию перекачивают насосом на фильтр-пресс (4) для фильтрации и отмывки от водорастворимых веществ конденсатом, подаваемым из ёмкости (7). Пасту из фильтра направляют в комбинированную сушилку (5), откуда высушенный и измельчённый оксид цинка шнеком передают в бункер (8) и далее

затаривают в контейнеры. Фильтрат из ёмкости (9) насосом перекачивают в распылительную сушилку (10), предварительно включив в работу вентилятор. Образующиеся в сушилке кристаллы соли хлорида кальция по мере их накопления шнеком передаются в бункер готовой продукции (11), откуда засыпаются в контейнеры и отправляются на склад.

Несколько иначе перерабатываются отработанные растворы травления латуни. Отработанный раствор травления латуни из ёмкости (1) закачивают в реактор (3), где он предварительно обрабатывается изгарью цинка по реакции [34; 47]



После окончания реакции (происходит изменение цвета) суспензию фильтруют на пресс-фильтре (4). Получаемый осадок оксида меди используется повторно в производстве латуни, а раствор ZnCl_2 перерабатывается по ранее приведённой технологии.

4. Качество продуктов, получаемых при переработке отработанных растворов. При переработке хлорсодержащих отходов в зависимости от их состава получается четыре вида продуктов: бишофит, железистоокисные пигменты, оксиды цинка и меди, качественные показатели которых приведены в табл. 6.5 [18; 34].

Таблица 6.5

Качественные показатели продуктов, получаемых из хлорсодержащих растворов

Показатель	Бишофит			Пигмент		Оксид цинка		Оксид меди, опытный
	Опытный 1 сорт	Опытный 2 сорт	ГОСТ 7759-73	Опытный	ТУ 6-10-602-86	Опытный	ГОСТ 202-84	
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, %, не менее	97	89	97,0	–	–	0,5	–	0,5
Содержание Fe_2O_3	–	6–9	–	98	98,5	–	–	–
Укрывистость, г/м ²	–	–	–	9,0	9,0	–	–	–
Содержание ZnO	–	–	–	–	–	96	96	0,5
Содержание CuO	–	–	–	–	–	–	–	96
Диспергируемость, мкм, не более	–	–	–	30	30	–	–	–

Показатель	Бишофит			Пигмент		Оксид цинка		Оксид меди, опытный
	Опытный 1 сорт	Опытный 2 сорт	ГОСТ 7759-73	Опытный	ТУ 6-10-602-86	Опытный	ГОСТ 202-84	
H ₂ SO ₄ , %, не более	0,1	0,2	0,1	–	–	0,1	0,1	–
NaOH, %, не более	0,8	1,0	0,8	–	–	–	–	–
Нерастворимых в воде, %, не более	0,2	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	–

Для переработки хлорсодержащих отходов применяется оборудование, техническая характеристика которых приведена ранее.

6.2.2. Производство изделий из бишофита, получаемого из хлорсодержащих отходов

Изготовление изделий из литых камней (ИЛК) производится путём заливки специально приготовленной суспензии каустического магnezита и раствора хлористого магния с добавкой к смеси различных материалов в специально приготовленные формы, сушки полученных изделий и покрытия их различными эмалями и лаками.

Литые материалы и камни из бишофита обладают специфическими свойствами, находят широкое применение при строительстве, особенно при отделке внутри помещений и при изготовлении различных изделий. В зависимости от назначения выпускаются различные марки изделий: облицовочные плитки, столешницы, цветочные горшки и др. ИЛК должны удовлетворять требованиям, приведённым в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Физико-химические свойства литых изделий

Показатель	Норма по сортам		Метод испытания
	ИЛК 1 сорт	ИЛК 2 сорт	
Внешний вид	Не должно быть дефектов		Визуально
Влагопоглощение (влага не должна проникать внутрь), мин, не менее	20,0	15,0	Методика
Блеск, % от эталона, не менее	75,0	70,0	Методика

Показатель	Норма по сортам		Метод испытания
	ИЛК 1 сорт	ИЛК 2 сорт	
Цвет изделия	В соответствии с эталонами		Методика
Механическая прочность, МПа	25,0	20,0	ГОСТ 13449-82
Водопроницаемость	Не должно быть капель влаги, через 48 ч		Методика

Для изготовления ИЛК применяется сырьё, требования к которому приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Характеристика сырья, применяемого для изготовления ИЛК

Сырьё	ГОСТ, ТУ	Показатели для проверки	Данные ТУ	
			1 сорт	2 сорт
Каустический магнезит	ГОСТ 1216-75	Массовая доля MgO, %	87,0	83,0
		Массовая доля CaO, %, не более	2,2	2,5
		Массовая доля Na ₂ O, %, не более	7,4	8,8
		Остаток на сите № 0045, %, не более	5,0	8,0
Магний хлористый технический	ГОСТ 7759-73	Массовая доля Mg ⁺² , %, не менее	11,8	10,0
		Массовая доля MgCl ₂ · 6H ₂ O, %, не менее	97,0	89,0
		Массовая доля сульфатов %, не более	1,1	2,5
		Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,4	0,6
Мраморная пыль		Массовая доля SiO ₂ , %, не более	5,0	10,0
		Остаток на сите № 0045, %, не более	10,0	15,0
		Массовая доля влаги, %, не более	0,5	1,0
		Массовая доля CaCO ₃ , %, не менее	88,0	88,0
Лак КО-075 и смола 134-276	ТУ 6-02-13060-87	Массовая доля нелетучих веществ, %	33–40	33–40
		Вязкость по ВЗ-1, не менее	12,0	10–20
Этилацетат	ГОСТ 8981-78	Плотность, г/см ³	0,897–0,890	0,897–0,890
		Массовая доля СН ₃ COOH, %, не более	0,004	0,010
		Летучесть по этиловому эфиру, %	2–3	2–3
Смола ПСХ-ЛС	ГОСТ 10-004-72	По ОСТ 6-01-37-88	–	

Всё сырьё перед применением проверяется на соответствие нормативно-технической документации по паспортам и анализам лаборатории, а также внешнему виду. Рецептура сырья приведена в табл. 6.8.

Таблица 6.8

Рецептура применяемой смеси для изготовления ИЛК

Сырьё	Количество смеси	
	масс. %	Грамм на 1 л смеси
Каустический магнезит	38,3	680,00
Хлористый магний	20,2	359,00
Мраморная пыль	0,6	12,00
Вещество ОП-7 или ОП-10	0,0–0,3	0,03
Вода	20,5	365,00

Допускается введение пигмента в лак при покраске.

Описание технологической последовательности процесса отливки изделий: для получения магнезиальной смеси, заливаемой в формы, указанные виды сырья берут по объёму (соответствующему весу) специально подготовленными ёмкостями или дозаторами, допуская отклонение $\pm 4,0\%$. Расчётное соотношение объёма и массы всех видов сырья приведены в табл. 6.9.

Таблица 6.9

Соотношение компонентов в зависимости от объёма смеси

Компонент	Объём приготавливаемой смеси и количество компонентов		
	5,0 л	10,0 л	15,0 л
Каустический магнезит	3,28/3,40	6,56/6,80	9,84/10,2
Хлористый магний, кг/л	2,00/1,80	4,00/3,60	6,00/5,40
	2,56/2,30	5,12/4,60	7,68/6,90
Мраморная пыль	0,04	0,08	0,12
Вода общая, л	1,80	3,60	5,40
Вода дополнительная, л	1,29	2,58	3,87

Реакционную смесь готовят в следующей последовательности. Сначала в отдельной ёмкости объёмом 100 л готовят раствор хлористого магния с плотностью 1,31–1,35 г/см³. После из-

мерения плотности прозрачного раствора ареометром определяют объём раствора хлористого магния для приготовления реакционной смеси, а также объём добавочной воды. Зависимость плотности раствора хлористого магния от разбавления приведена в табл. 6.10.

Таблица 6.10

Соотношение плотности и объёма раствора

Плотность, г/см ³	MgCl ₂ · 6H ₂ O, г/л	H ₂ O, г/л	Добавочная вода в см ³ при плотности 1,28	Объём раствора с P = 1,28 л
1,35	940	410	130	1,13
1,34	920	420	120	1,12
1,33	890	440	100	1,10
1,32	860	460	80	1,08
1,31	830	480	60	1,06
1,30	800	500	40	1,04
1,28	750	530	0	1,00

В смеситель объёмом 10,0–20,0 л заливают добавочную воду, затем загружают вещество ОП-10 (или ОП-7), перемешивают, после чего добавляют расчётные количества хлористого магния и каустического магnezита. Суспензию перемешивают в течение 15 мин. Проверив готовность форм для заливки реакционной массы, в смеситель добавляют расчётное количество мраморной пыли и после перемешивания массы в течение 2 мин смесь разливают в приготовленные формы. В случае быстрого загустевания реакционной массы в смеситель добавляют по 150–200 см³ избыточной воды при интенсивном перемешивании. Формы, покрытые тефлоном (фторопластом 40ДП или 30П), а также формы для облицовочных плиток не смазывают, а проверяют на чистоту и покрывают плёнкой «контур». После затвердевания массы (через 8 ч после заливки) изделия извлекают из форм и ставят на стеллажи для сушки и дозревания на период в зависимости от температуры сушки:

- при комнатных условиях (18–20 °С) — на 15 сут.;
- при температуре 70–90 °С — на 6–8 ч.

Технология подготовки изделий к нанесению покрытий и последовательность выполнения защитных работ приведены далее. Готовые к нанесению покрытий изделия проверяют визуально на чистоту и отсутствие дефектов (посторонние включения, раковины), которые устраняют вручную шлифованием или замазкой реакционной массой. Изделия, в зависимости от назначения, покрываются различными растворами полимеров (раствором перхлорвинилового смолой в этилацетате и кремний-органическим лаком «КО») разными способами — окунаем.

Облицовочные плитки покрывают двумя слоями. Первый слой наносят раствором перхлорвинилового смолы или цветной эмалью. Плитки в количестве 20 шт. в зоне загрузки укладывают на специальные решётчатые поддоны с зазором 3–5 мм. Затем по направляющим поддон проходит через специальный проём в зону нанесения покрытий. Покрытие наносят методом облива через специальные щелевые устройства, регулируя крапом скорость нанесения покрытия. Наблюдение за нанесением покрытия ведут через смотровое окно. После того как эмаль стечёт в нижний бак, поддон вынимают из камеры на приёмный стол и далее устанавливают в сушильный шкаф, через который пропускают горячий воздух с температурой 60–65 °С. Второй поддон с уложенной плиткой с загрузочного стола подают в зону окраски и операцию окраски повторяют. После сушки плиток в течение 2 ч поддон вынимают из сушильного шкафа и после охлаждения помещают снова в окрасочную камеру на покрытие их лаком «КО» методом облива. Технологические операции аналогичны первой стадии покрытий. Характеристика и количество применяемого для изготовления камней оборудования приведены в табл. 6.11 [20].

Таблица 6.11

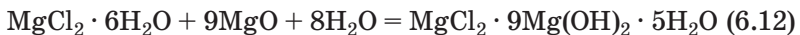
**Характеристика применяемого оборудования
для изготовления изделий**

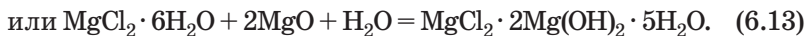
Оборудование	Кол-во, шт.	Техническая характеристика
Ёмкость для воды	1	Сталь Ст3, объём 100 л
Ёмкость для хлорида магния	1	Специальная сталь, объём 50 л
Насос для перекачки воды	1	Ш80 АИР 80 А2; Р 1,5 кВт; 3 000 об./мин
Насос для перекачки вяжущих	1	Ш100 АИР100 S2; Р 4 кВт; 3 000 об./мин.

Оборудование	Кол-во, шт.	Техническая характеристика
Ёмкость для хлорида магния	1	Специальная сталь, объём 50 л
Ёмкость для ОП-10 или ОП-7	1	Сталь Ст3, объём 0,5 м ³
Ёмкость для каустического магнезита и дозатор	1	Сталь Ст3, объём 2 м ³ , дозатор объёмом 0,1 м ³
Ёмкость для мраморной пыли	1	Сталь Ст3, объём 3 м ³
Дозатор воды	1	Сталь Ст3, объём 0,1 м ³
Дозатор хлорида магния	1	Сталь Ст3, объём 0,1 м ³
Дозатор ОП-7 или ОП-10	1	Сталь Ст3, объём 0,1 м ³
Дозатор мраморной пыли	1	Сталь Ст3, объём 0,1 м ³
Электродвигатель с мешалкой	1	Привод АИР 132 S6У3; Р 5,5 кВт; 1 000 об./мин
Смеситель	1	Специальная сталь, объём 20 л
Формы металлические	10	Сталь Ст3, объём по 0,2 м ³
Сушильная камера	2	Сталь Ст3, объём 2 м ³
Поддоны решётчатые	10	Из дерева
Камера для покрытия эмалью	1	Сталь Ст3, объём 2 м ³
Ёмкость для стекания эмали	2	Сталь Ст3, объём 0,3 м ³
Сушильный шкаф	2	Сталь Ст3, объём 0,3 м ³
Камера для покрытия лаком	1	Сталь Ст3, объём 1 м ³
Ёмкость для стекания лака	1	Сталь Ст3, объём 0,3 м ³
Приёмный стол	1	Сталь Ст3, размер 1×3 м ²

6.2.3. Изготовление строительных изделий на основе получаемого бишофита

Для производства строительных огнеупорных материалов и изделий в промышленности применяется три вида сырья: эпсомит (горькая соль — сернокислый магний), каустический магнезит или прокалённый при 700–800 °С доломит, вода и различные добавки, взятые в зависимости от назначения применяемых изделий в различных соотношениях. При этом в зависимости от состава сырья и условий процесса образуются приведённые ниже магнезиальные бетоны по следующим реакциям [34; 47]:





Время схватывания таких магнезиальных вяжущих веществ зависит от состава смеси и условий и изменяется от 45 мин до 12 ч [47; 52. С. 108].

На основе горькой соли, завозимой из Казахстана (приведённого ранее состава), и каустического магнезита получают огнеупорные изделия на многих предприятиях. Однако более экономично применять для изготовления огнеупорных и строительных изделий высокого качества, в том числе и теплоизоляционных изделий, бишофит, получаемый из отработанных растворов травления металлов.

Так, пригодность для домостроения изготавливаемых таким образом теплоизоляционных материалов (брусьев) подтверждена результатами создания ряда установок по их получению предприятием «Втордерево» и строительством домов в Архангельской области [68].

Технологическая схема получения брусьев (досок) на основе магнезиальных вяжущих приведена ниже на рис. 6.3.

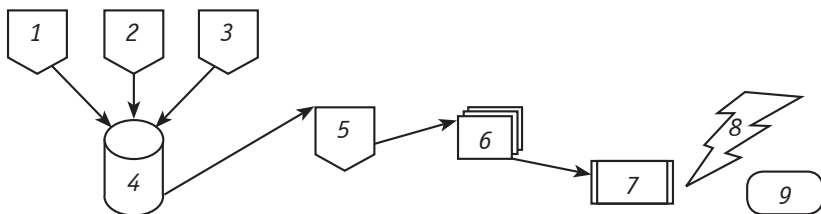


Рис. 6.3. Технологическая схема получения брусьев:

- 1 — бункер серноокислого магнезия; 2 — бункер MgO; 3 — бункер опилок;
 4 — смеситель; 5 — бункер-накопитель смеси; 6 — распределитель
 пресс-массы; 7 — прессовая установка; 8 — пила; 9 — сушиллка изделий

Технология подготовки сырья состоит в расфасовывании по бункерам заданного состава проанализированного сырья, взятого в следующем соотношении — (15–20) : (45–60) : (20–40). Сырьё в заданном соотношении передаётся в смеситель (4), где оно в течение 15–20 мин перемешивается и передаётся в накопитель (5). По мере заполнения накопителя готовая смесь распределителем (6) под давлением передаётся на пресс (7), где она

прессуется в брусья (доски), которые на выходе из пресса разрезаются ножом (8) и подаются в сушилку (9). Сушка изделий проводится дымовыми газами при температуре 80–90 °С в течение 24 ч. Характеристика применяемого для изготовления изделий оборудования приведена в табл. 6.12 [20].

Таблица 6.12

Характеристика и количество применяемого оборудования

Оборудование	Кол-во, шт.	Техническая характеристика оборудования
Бункер	2	Сталь 1Х18Н9Т, для сернокислого магния объём 1 м ³ , смеситель 6 м ³ и распределитель 1 м ³
Бункер	3	Сталь Ст3, для магнезита, опилок, объём по 3 м ³ и накопитель 6 м ³
Прессовая установка	1	Сталь 1Х18Н9Т, объём камеры 4 м ³
Пила	1	Специальная установка
Сушилка	1	Сталь Ст3, обмурованной кирпичом

6.3. Утилизация отработанных азотно- и фосфорнокислых растворов

Химический состав отработанных растворов травления изделий, изготовленных из различного состава металлов, соляной, азотной и фосфорной кислотами, приведён в табл. 6.13 [17; 21].

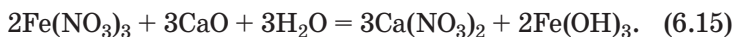
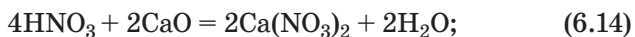
Таблица 6.13

Химический состав отработанных растворов травления металлов кислотами, масс. %

Компонент	Азотной, спецсталь	Фосфорной, спецсталь	Фосфорной, метизы
Азотная кислота	3–4	–	–
Фосфорная кислота	–	17,3	16,3
Fe(NO ₃) ₃	18–20	–	–
Fe ₂ O ₃	–	12,1	13,1
Zn ₃ (PO ₄) ₂	–	–	13,0
Fe ₃ (PO ₄) ₂	–	24,6	21,0
Cu(NO ₃) ₃	1–2	–	–
Вода	74–79	46,0	36,4

6.3.1. Особенности переработки отработанных азотсодержащих растворов

1. Получение пигмента и удобрения. Азотная кислота, являясь сильным окислителем, чаще всего применяется как окислитель в различных технологических процессах. Она в значительном количестве используется в производстве минеральных удобрений. Однако в некоторых процессах, применяющих азотную кислоту, таких как, например, химическая обработка металла, в производстве редких металлов и т. д., образуются различные отходы азотной кислоты. Так, при травлении азотной кислотой чёрных металлов образуются азотнокислые отработанные травильные растворы (АОТР) приведённого ранее состава [17; 21]. На предприятиях такие растворы нейтрализуются известью или известковым молоком, при нейтрализации азотная кислота и нитраты железа взаимодействуют с оксидом кальция по следующим реакциям [34; 47]:



Получаемые при нейтрализации смеси не находят пока промышленного применения и длительное время размещаются в шламохранилищах, загрязняя окружающую среду.

Однако из этих растворов возможно получать и ценные для народного хозяйства продукты: удобрения, железистоокисные пигменты, коагулянты и т. д.

Одним из ценных содержащих азот удобрений является нитрат кальция. Его получают нейтрализацией 30 %-ой азотной кислоты известняком. Для получения нитрата кальция применяются башни, донейтрализаторы, отстойники, фильтр-прессы и насосы, изготовленные из нержавеющей стали марки 1X18H9T [18; 47]. Выпарку получаемого раствора нитрата кальция обычно проводят под вакуумом и кристаллизацию нитрата кальция до 72–83 %-й концентрации на охлаждающих вальцах или в грануляционной башне. Для изготовления 1 т 82 %-й кальциевой селитры расходуется 3,3 т 25 %-го раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 2 т пара (6 атм), 75 м³ воды, 23,5 кВт·ч электроэнергии.

Получаемые при травлении чёрного металла азотной кислотой отработанные растворы возможно использовать вместо азотной кислоты для получения азотсодержащего удобрения — кальциевой селитры и железистоокисных пигментов. Наиболее рационально переработку АОТР проводить, используя оборудование действующей станции нейтрализации таких отработанных растворов, повысив производительность оборудования путём монтажа дополнительного оборудования (реакторов, сушилок кипящего слоя и т. д.). Рекомендованная для переработки АОТР технологическая схема приведена на рис. 6.4 [20].

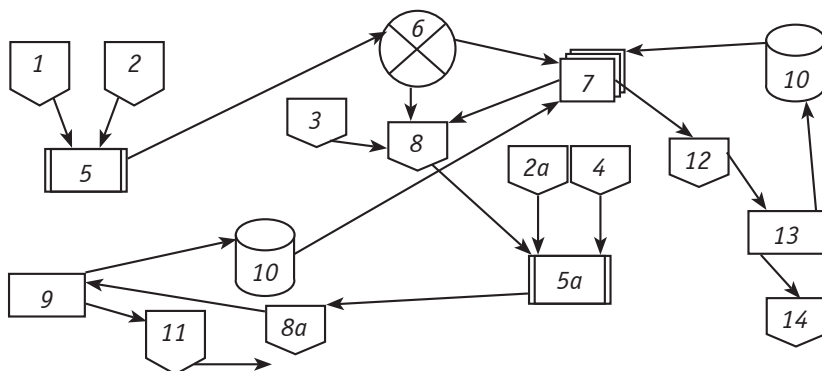


Рис. 6.4. Технологическая схема переработки АОТР:

1 — ёмкость для АОТР; 2, 2а — бункер для известковой пыли;
 3 — ёмкость для азотной кислоты; 4 — ёмкость для солянокислых отработанных травильных растворов (ОТР); 5, 5а — реактор, оборудованный паровой рубашкой и быстროходной мешалкой; 6 — радиальный отстойник; 7 — фильтр-пресс; 8, 8а — сборник раствора нитрата кальция; 9 — распылительная сушилка; 10, 10а — конденсатор; 11 — бункер кристаллического нитрата кальция; 12 — бункер для пасты пигмента; 13 — комбинированная сушилка кипящего слоя; 14 — бункер готового пигмента

Процесс получения пигмента и удобрения протекает путём нейтрализации азотной кислоты и нитрата железа в реакторе (5) известковой пылью, подаваемой из бункера (2) при постоянном перемешивании до $\text{pH} = 7,0\text{--}7,5$. При нейтрализации протекают вышеприведённые реакции (6.14 и 6.15). Полученную суспензию подвергают сначала отстаиванию в радиальном

отстойнике (6), а затем фильтрации на фильтр-прессе (7). Осветлённый раствор нитрата кальция из радиального отстойника и фильтрат после фильтр-пресса (7) подают насосом в сборник (8), в который из сборника (3) добавляют азотной кислоты до её 30 %-й концентрации в растворе, после чего из сборника (8) раствор перекачивают в реактор (5а), при постоянном перемешивании суспензии из бункера (2а) подаётся известковая пыль. При нейтрализации в реакторе протекает реакция (6.14). После окончания реакции суспензию передают в сборник (8а), из которого она насосом подаётся для сушки и кристаллизации в распылительную сушилку (9), в которой при температуре 100–110 °С протекает выпаривание избыточной влаги из раствора и кристаллизация тетрагидрата нитрата кальция до его содержания 72–82 % по приведённой ниже реакции [34; 47]:



Кристаллический тетрагидрат нитрата кальция из сушилки шнеком подаётся в бункер кристаллического нитрата кальция (11), из которого он расфасовывается в резинокордовые контейнеры. Влага, выделяемая при сушке раствора нитрата кальция в сушилке, конденсируется в конденсаторе (10), конденсат используется для промывки пасты, содержащей гидрат железа, от водорастворимых веществ на фильтр-прессе (7).

При фильтрации суспензии, полученной в реакторе (4), на фильтр-прессе (7) от неё отделяется паста гидрата железа, которая после её отмывки от водорастворимых веществ конденсатом из конденсатора (10) шнеком подаётся в сборник (12) и далее в комбинированную сушилку (13) для сушки и затем измельчения получаемого продукта. При получении жёлтого пигмента в сушилке поддерживается температура 110–120 °С, красного пигмента — 320–330 °С. При сушке пасты выделяемая влага конденсируется в конденсаторе (10а), получаемый конденсат используется для отмывки от пасты водорастворимых веществ на фильтр-прессе (7). Высушенный и измельчённый в сушилке пигмент шнеком передаётся в бункер пигмента (14), из которого рассыпается в резинокордовые контейнеры и используется для изготовления грунтов и красок. Пигменты по каче-

ству соответствуют требованиям ГОСТ 18172-72 и ТУ 6-10-602-86 на жёлтый и красный пигменты.

При нейтрализации 1 м³ АОТР, добавке 100 кг азотной кислоты и расходе на нейтрализацию раствора 87 кг оксида кальция получается 480 кг тетрагидрата нитрата кальция и 195 кг железистоокисного пигмента. В сушилке выпаривается 412 л воды.

2. Использование АОТР как окислителя для получения коагулянта. Одним из важнейших продуктов, применяемых для очистки воды, практически в каждом регионе страны являются коагулянты различного химического состава. По литературным данным и опыту работы передовых предприятий по очистке воды, наилучшие результаты достигаются с использованием коагулянта, состоящего из смеси хлоридов алюминия и железа в соотношении 1 : 1 [25; 83]. На очистных сооружениях Челябинска основным коагулянтом является сульфат алюминия, получаемый обработкой гидроксида алюминия серной кислотой.

Министерством промышленности РФ в 1995 г. был проведён конкурс на выявление лучшего коагулянта. Победителем конкурса стала группа венгерских фирм с реагентом «Бопак». Основным веществом реагента был хлорид алюминия, получаемый обработкой металлического алюминия 35 %-й соляной кислотой. Высокая взрывоопасность в связи с выделением водорода и значительные затраты на сырьё (металлического алюминия) явились основными причинами, по которым технология не была внедрена.

В России коагулянт (хлорид железа) получают на химическом заводе в Волгограде из оксида железа путём обработки его соляной кислотой. Недостатками этого процесса являются высокий расход соляной кислоты и применение чистого оксида железа. Также в настоящее время в промышленности хлорид железа (III) выпускают в виде безводной соли, гептагидрата и раствора. На 1 т хлорида железа (III) расходуется 410 кг стального лома, 900 кг хлора, 150 кг обожжённой извести, 60 кг NaOH, 158 м³ воды и 115 кВт·ч электроэнергии [1; 25]. Безводный хлорид железа (II) получают при пропускании сухого хлорида водорода над железной стружкой, нагретой до красного каления. Кроме того, его можно получить восстановлени-

ем хлорида железа (II) водородом или обезвоживанием хлорида железа (III) без доступа воздуха.

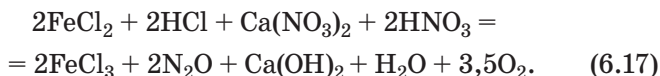
При взаимодействии металлического железа или его оксида (II) с разбавленной соляной кислотой без доступа воздуха образуются водные растворы FeCl_2 . Однако указанные технологические процессы получения коагулянта неэкономичны, ресурсозатратны и поэтому не находят пока широкого промышленного применения.

Процесс получения коагулянта можно проводить на металлургических производствах в реакторах станции нейтрализации кислых стоков с использованием при необходимости другого оборудования (кристаллизаторов или распылительных сушилок). Сырьём для производства железосодержащего коагулянта может быть хлористое железо, получаемое путём обработки железа соляной кислотой, в том числе и солянокислых ОТР, а взамен азотной кислоты — АОРТ [1; 25].

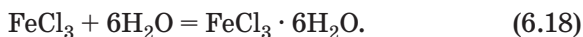
Исследованием подтверждено получение коагулянта (FeCl_3) путём окисления двухвалентного железа в солянокислом отработанном травильном растворе, получаемом при травлении металла соляной кислотой. В процессе травления металла соляной кислотой образуются отработанные растворы, содержащие 180–200 г/л хлористого железа и до 50 г/л соляной кислоты. При длительном хранении такого раствора на открытом воздухе хлористое железо частично окисляется кислородом воздуха, что подтверждено результатом анализа длительно находящегося на хранении солянокислого отработанного раствора на Магнитогорском калибровочном заводе. Состав такого раствора изменился и характеризуется следующими данными: $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ — 17,3 %; $\text{FeCl}_2 + \text{FeCl}_3$ — 34,8 %; HCl — 2,4 %; H_2O — 47,7 %.

С целью снижения затрат сырья и утилизации отходов солянокислых ОТР рекомендуется технология получения хлорида железа путём окисления хлористого железа раствором азотной кислоты. В случае наличия на предприятии отработанных азотнокислых ОТР более экономично применять для окисления хлористого железа, находящегося в солянокислом ОТР, азотной кислотой и нитратом железа АОРТ по предложенной далее технологии.

Солянокислый ОТР из ёмкости (4) загружается в реактор (5а) на 2/3 его объёма, при постоянном перемешивании в реактор добавляется раствор нитрата кальция из сборника (8). При подаче раствора в реакторе и подогреве смеси до температуры 110 °С протекает следующая реакция [34; 47]:



Окисление хлористого железа проводится в реакторе (5) подогретого раствора до 40 °С подачей отработанных азотсодержащих растворов. После окончания реакции раствор из реактора подаётся в сборник (8а), откуда насосом перекачивается на распылительную сушилку (9), где проводится сушка и кристаллизация из раствора хлорного железа по приведённой ниже реакции [34; 47]:



Кристаллический коагулянт шнеком из сушилки передаётся в бункер готовой продукции (11) и далее расфасовывается в резинокордовые контейнеры, которые направляются на склад, не допуская повышения температуры в нём выше 30 °С. Для получения 1 т коагулянта расходуется 400 кг АОТР и 950 кг солянокислого ОТР. При сушке суспензии выпаривается в сушилке 359 кг воды, конденсат используется для промывки пигмента от водорастворимых веществ. Для переработки отработанных азотсодержащих растворов применяется приведённое в табл. 6.14 оборудование [20].

Таблица 6.14

Характеристика применяемого для переработки отходов оборудования

Оборудование	Кол-во, шт.	Характеристика оборудования
Бункер	4	Сталь Ст3, объём 5 м ³ для твёрдых продуктов
Ёмкость для растворов	3	Сталь 1Х18Н9Т, объём по 5 м ³ для азотной кислоты и ОТР
Реактор с мешалкой	2	Сталь 1Х18Н0Т, объём 6 м ³ с паровой ру-башкой. Привод АИР 132 S6УЗ; P _{ном} 5,5 кВт; 1000 об./мин

Оборудование	Кол-во, шт.	Характеристика оборудования
Ёмкость	2	Сталь СтЗ, объём по 6 м ³ для нейтральных растворов
Отстойник раствора	1	Сталь СтЗ, объём 10 м ³ для нейтральных растворов, D 3 м
Насос для перекачки вязущих	2	Ш 100 АИР100 S 2; P _{ном} 4 кВт; 3 000 об./мин
Распылительная сушилка	1	Сталь 1Х18Н9Т, объём 10 м ³ (D 2 м) для сушки нитрата кальция и хлорида железа
Вентилятор	2	АИР 80 В2; P _{ном} 2,2 кВт; 3 000 об./мин
Комбинированная сушилка	1	Сталь 1Х18Н9Т, объём 10 м ³ для сушки пасты пигмента по прилагаемому чертежу
Контейнер	10	Резинокордовые, объём 0,6 м ³ ; возвратные

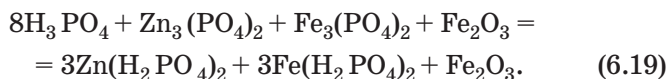
6.3.2. Использование отработанных фосфорсодержащихся суспензий

Фосфорсодержащие суспензии — фосфаты металлов находят широкое применение в качестве вязущих в производстве высокой прочности как строительных, так и огнеупорных материалов и изделий, а также при травлении не только чёрных, но и цветных металлов. Вязущие свойства зависят в основном от валентности металлов и количества замещения ими водородов в фосфорной кислоте [33].

Фосфаты щелочных металлов и аммиака образуются при относительно низкой температуре при любом замещении ими водорода в фосфорной кислоте. Они водорастворимы и при определённых условиях полимеризуются, превращаясь в полифосфаты. Остальные металлы образуют растворимые фосфаты только при замещении одного водорода в фосфорной кислоте. Они образуются при более высокой температуре и обладают вязущими свойствами.

При определённых условиях (добавке фосфорной кислоты и нагревании) средние фосфаты превращаются в однозамещённые фосфаты и могут использоваться повторно при травлении металлов или при изготовлении различных материалов. Так, например, отработанной фосфорсодержащей суспензии возможно придать вязущие свойства путём обработки её фосфор-

ной кислотой. При обработке суспензии протекает следующая реакция [34; 47]:



При таких условиях оксид железа не взаимодействует с фосфорной кислотой, легко отфильтровывается от суспензии и может использоваться после сушки и измельчения в качестве пигмента, применяемого для изготовления грунтовок и эмалей. Суспензия же может повторно использоваться для травления метизов, а также для изготовления фасадных красок.

Отработанные фосфорсодержащие растворы и суспензии также могут использоваться после такой же обработки в зависимости от их состава для получения следующих материалов и изделий [33; 56]: алюмофосфатные и алюмохромфосфатные отходы для изготовления огнеупорных бетонов; цинк-, медь- и железофосфатные отходы для получения фасадных красок.

6.4. Утилизация отработанных щелочей, алюмината натрия и цинката натрия

6.4.1. Характеристика отработанных растворов сплавов алюминия и цинка

В производстве изделий и оборудования из сплавов алюминия и цинка применяется перед покраской их травление 40 %-м раствором щёлочи. В процессе травления изделий и оборудования образуются в значительных объёмах отработанные растворы травления приведённого в табл. 6.15 химического состава [34; 47].

Щёлочи в больших объёмах используются для нейтрализации кислых сточных вод и отработанных растворов, а также для травления некоторых сплавов (алюминия, цинка и др.). В значительном количестве щёлочь, в том числе и её отработанные растворы после специальной обработки, применяется для производства жидкого стекла жидкофазным способом.

Жидкое стекло наиболее экономично получать химическим способом в автоклаве путём взаимодействия тонкодисперсно-

**Химический состав растворов травления щёлочью
сплавов алюминия и цинка, %**

Компонент	Дюралюминий	Силумин	Магналий	ЦАМ-10-2	ЦАМ-10-5	ЦА-15
NaOH	2,8–3,8	2,9–3,4	3,6–4,0	3,2–3,4	3,4–3,6	3,4–3,8
Na ₂ SiO ₃	–	9,6–10,1	–	–	–	–
Na ₂ ZnO ₂	–	–	–	47–50	46–49	34–37
CuO	0,2–0,4	–	–	0,1–0,2	0,3–0,4	–
AlNaO ₂	48–52	46–49	52–57	6,7–7,4	6,6–7,2	9,4–10,2
Вода	42–46	39–42	38–44	43–46	44–47	49–52

го аморфного кремнезёма с раствором щёлочи при температуре 100–120 °С ранее приведёнными методами [17; 21]. Качество получаемого таким способом жидкого стекла соответствует требованиям ГОСТ и используется не только для изготовления различных замазок, но и для производства силикатных фасадных красок с добавкой в качестве отвердителя однозамещённого фосфата цинка, меди или железа и т. д.

В больших объёмах такое жидкое стекло возможно применять также для изготовления стеклянной ваты, используемой при производстве теплоизоляционных изделий. Прочность теплоизоляционных изделий повышается при добавке к жидкому стеклу щелочных суспензий алюминия или цинка. Особенно повышенной прочностью обладают изделия на основе алюмосиликатных связующих, для получения которых возможно применять отработанные растворы алюмината натрия с добавкой цинката натрия.

Алюминатный раствор с соотношением $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 5,9$ смешивается с трёхмодульным жидким стеклом во всех объёмных соотношениях. Наиболее прочными являются образцы, изготовленные из смешанной связки при отношении $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{NaOH} = 0,2$ и объёмном соотношении алюмината натрия и жидкого стекла 20 : 80 [56].

Существенное влияние на качество алюмосиликатных связующих оказывает их модифицирование. Так, например, связки, изготавливаемые смешением жидкого стекла с раствором цинката натрия, получаемого растворением гидроксида цинка

в 40 %-м растворе NaOH, обладают повышенными вяжущими свойствами, а изделия, получаемые на их основе, обладают более высокой прочностью, чем изделия с использованием жидкого стекла. В связи с этим модифицированный цинкатом натрия алюмосиликат натрия экономичнее использовать для изготовления более прочных и коррозионностойких строительных материалов различного назначения. Максимальная массовая доля Al_2O_3 , которая может содержаться в связке при сохранении её стабильности, 10 % (в пересчёте на сухие оксиды). При увеличении содержания оксида алюминия происходит загустевание связки, потеря рабочей вязкости и гелеобразование — связка превращается в студнеобразную массу [56].

Добавки, вводимые в связующие, также оказывают существенное влияние на их свойство. Так, например, гидрокарбонаты аммония и натрия повышают водостойкость материалов на основе растворов щелочных силикатов. Кислые соли фосфорной кислоты повышают температуроустойчивость, механическую прочность и кислотостойкость. Применение органических реагентов повышает адгезию жидких стёкол, улучшает водостойкость и прочность материалов на их основе. В качестве модификаторов применяют $Al(OH)_3$, Al_2O_3 , MgO, $MgSiF_6$, $Ca(OH)_2$, BaO, $Si(OH)_2$, ZnO, ZnO_2 , CaF_2 , MgF_2 , AlF_3 , CuF_2 , ZnF_2 , ZnF_2 .

По данным замера скорости протонной релаксации, введение триэтаноламина интенсифицирует поликонденсационные процессы в жидких стёклах, например, приводит к повышению вязкости, обусловленной структурообразованием. Введение тиомочевины ускоряет растворение силикат-глыбы. Органические модификаторы также повышают адгезию к кварцевому наполнителю и прочность материала. Устойчивость связок сохраняется, если модификатор вводят в количестве не более 0,25 %. В интервале некоторых значений pH сосуществуют алюминатные и силикатные комплексные ионы, на основе чего получают алюмосиликатные связки.

Из приведённого анализа технологий получения алюмосиликатных связующих видно, что основным сырьём для их получения является натриевое жидкое стекло (ГОСТ 13078-81), натрия гидроокись (ГОСТ 4328-77) и технические гидроксид (или

оксид) алюминия и оксид цинка (ГОСТ 202-84) приведённых в табл. 6.16 химических составов [34; 47].

Таблица 6.16

**Химический состав сырья,
применяемого для производства алюмосиликатных связующих**

Показатель	Жидкое стекло	Натрия гидроокись	Гидроокись алюминия	Гидроокись цинка
Массовая доля SiO ₂ , %	71,0–73,0	0,02	–	–
Массовое содержание ZnO, %	–	–	–	91–96
Массовая доля Fe ₂ O ₃ , не более	0,2–0,4	–	0,3	0,2–0,8
Массовая доля Al ₂ O ₃ , %, не менее	0,2–0,4	–	97,0	0,2–0,4
Массовая доля оксида натрия, %	24,8–26,7	>97,0	–	–
Силикатный модуль	2,7–3,3	–	–	–
Плотность, г/см ³	1,30–1,50	–	3,1–3,5	5,1–5,5

Применять для производства алюмосиликатных связующих гидроксиды алюминия и цинка экономически не выгодно, особенно при наличии в области в значительных объёмах отходов травления сплавов этих металлов, содержащих в небольшом количестве примеси оксидов цинка, меди и магния, которые, оставаясь в связующем, только повышают их вяжущие свойства, а следовательно, и прочность получаемых на их основе изделий. На основании данных исследований разработаны технологии получения высокоэффективных алюмосиликатных связующих, которые в последние годы находят широкое применение для изготовления строительных материалов и огнеупорных изделий, обладающих не только высокой прочностью, но и кислотостойкостью и огнеупорностью [56].

В то же время в области в значительных объёмах образуются различные промышленные отходы, пригодные после специальной обработки в качестве связующих (модифицированного жидкого стекла) для производства высокого качества строительных, в том числе огнеупорных материалов и изделий различного назначения.

Наиболее экономично для изготовления алюмосиликатных связующих использовать промышленные отходы травления щёлочью изделий из сплавов алюминия и цинка, приведённые

ранее, а для получения жидкого стекла кремнийсодержащие пыли, получаемые в процессе образования ферросплавов, шмота и динаса.

6.4.2. Технология получения алюмосиликатных связующих из отходов производств

При травлении изделий из сплавов алюминия и цинка 40 %-м раствором щёлочи образуются в значительных объёмах приведённые выше отработанные растворы травления изделий из алюминия и цинка, которые пока не находят широкого применения. В то же время многими зарубежными фирмами и передовыми предприятиями нашей страны такие отработанные растворы после регенерации используются повторно для травления изделий из цветных металлов или применяют после проведения изложенной выше обработки для изготовления различных материалов и изделий, в том числе и для изготовления алюмосиликатного связующего [56].

При травлении алюминия и его сплавов растворами щёлочи образуются алюминаты натрия с небольшими примесями алюминатов цинка, меди и других металлов, имеющих в сплавах алюминия. Образующиеся суспензии регенерируются, а шламы не находят пока практического применения. Из таких шламов можно получать алюмосиликатное связующее путём их обработки до 3–5 %-й влажности в распылительной сушилке совместно с NaOH, взятых в соотношении в суспензии оксидов $\text{Na}_2\text{O}|\text{Al}_2\text{O}_3 < 5,95$ с последующей добавкой к ней жидкого стекла до соотношения 20 : 80. Полученная суспензия обладает вяжущим свойством, и её можно использовать для изготовления теплоизоляционных материалов с повышенной прочностью, в том числе для получения алюмосиликатной ваты и высокого качества теплоизоляционных изделий на её основе, а также фасадных силикатных красок.

Возможно использовать для изготовления алюмосиликатного связующего отработанный шлам, получаемый в производстве сульфата алюминия-коагулянта и содержащего до 94–95 % гидроксида алюминия и 5–6 % серной кислоты. Наиболее экономично такой шлам применять для производства различных

строительных и жаростойких материалов после удаления сульфат-ионов или перевода их в нерастворимые соединения, как, например, обработкой шлама оксидом бария. При обработке шлама оксидом бария по приведённой ниже реакции образуется барит — наполнитель высокого качества [34; 47]:



Для производства алюмината цинка возможно использовать отходы гартцинка или отходный цинковый купорос, выделяя гидроксид цинка двумя способами: обработкой раствора цинкового купороса аммиачным раствором или карбонатом аммония и последующей сушкой выделенных осадков в распылительной сушилке. При обработке сульфата цинка аммиачным раствором получается оксид цинка и сульфат аммония, а при обработке сульфата цинка карбонатом аммония образуется карбонат цинка и сульфат аммония (а. с. № 1178786; 1984). Оксид и карбонат цинка применяются в производстве белых пигментов, а также для изготовления фосфатного связующего, используемого для изготовления теплоизоляционных материалов и цинксиликатного связующего приведёнными выше методами.

6.5. Перспективные технологии утилизации отработанных растворов гальванических установок

Для покрытия изделий металлами в зависимости от потребности применяется различный состав гальванических растворов. Состав наиболее применяемых в Челябинской области и отработанных растворов гальванических установок приведён в табл. 6.17 [34; 47].

Из приведённых данных видно, что отработанные гальванические растворы (ОГР) имеют различный химический состав, в связи с этим они без специальной обработки не находят промышленного применения, несмотря на то что содержат ценные элементы.

Выделение из сернокислых растворов меди, никеля и цинка. Медь и никель выделяют из отработанных растворов так же, как и из отработанных растворов травления бронзы, нейтрали-

**Характеристика применяемых и отработанных растворов
гальванических покрытий**

Процесс	Свойства рабочего раствора		Свойства отработанного раствора	
	Состав	Концентрация, г/л	Состав	Концентрация, г/л
Меднение	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ H_2SO_4	200–250 50–75	CuSO_4 H_2SO_4	30–40 8–9
Никелирование	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ NaCl	200 30	NiSO_4 NaCl	30–40 30
Хромирование	CrO_3 H_2SO_4	250 2,5	CrO_3 H_2SO_4	30–40 2,5
Цинкование	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	215 30	ZnSO_4 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	30–40 30

зую ОГР каустическим магнезитом до $\text{pH} = 7-8$. Для снижения энергозатрат при выпарке в фильтрате повышают содержание серной кислоты до 26 % добавкой концентрированной серной кислоты, после чего суспензию нейтрализуют каустическим магнезитом и подвергают сушке и кристаллизации в распылительной сушилке, получая горькую соль [34; 47].

Цинк возможно извлекать из отработанного раствора цинкования таким же методом, как и ранее приводимым процессом извлечения цинка из отработанных растворов латуни.

Переработка отработанного хромсодержащего раствора. Отработанный хромсодержащий раствор восстанавливают формальдегидом, после чего в растворе повышают концентрацию сульфат-ионов до 46 % добавкой концентрированной серной кислоты, и раствор нейтрализуют каустическим магнезитом до $\text{pH} = 7,0-8,0$. В реакторе происходит восстановление оксида хрома, а при нейтрализации образуется раствор сульфата магния по следующей реакции [Там же]:



Полученный при фильтрации суспензии осадок (пасту) направляют в комбинированную сушилку, где происходит его сушка и измельчение с получением пигмента зелёного цвета. Фильтрат же обрабатывается аналогично вышеописанным рас-

творам, с получением кристаллической соли по приведённым реакциям (5.9)–(5.10) [34; 47].

Таким образом, применяя приведённые выше технологии, возможно практически переработать многие токсичные отходы с получением на их основе материалов и изделий, находящихся широкое применение в промышленности и в быту.

Глава 7. ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

7.1. Использование и переработка отходов предприятий горнодобывающих производств

7.1.1. Состав и применение отходов производств железной руды, агломерата и окатышей

Основными отходами указанных производств являются пыли и шламы, получаемые при добыче и обогащении железной руды и в процессе производства агломерата и окатышей. Удельный выход этих отходов зависит не только от физикохимических свойств железной руды, но и от типа и конструкции применяемого оборудования и технологии процессов [21]. Отходы обогащения руд состоят в основном из алюмосиликатов, хвосты сидеритов содержат в значительно большем количестве оксиды кальция и магния, пыли и шламы аглофабрик магнетитовых руд и сидеритов в основном состоят из окислов железа и кальция.

Химический состав основных отходов обогащения приведён в табл. 7.1.

Отходы мягких рудных пород и хвосты обогащения руд Магнитогорского и Златоустовского рудоуправлений частично используются для подсыпки дорог, закладки карьеров, а породы скальной вскрыши — в производстве щебня. Отходы Бакальского рудоуправления с повышенным содержанием кварца также используются для производства щебня.

Пыли и шламы агломерационных фабрик, производств окатышей руд в основном используются вторично в шихте. Шламы аглофабрики Бакальского рудоуправления пока не находят промышленного применения. Однако известны и прошли опытно-промышленную проверку с получением положительных ре-

Химический состав отходов, масс. %

Отходы	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	R ₂ O	S
Хвосты обогащения магнетитовых руд	10,1–15,3	5,9–7,0	32,6–42,5	10,1–14,2	9,3–14,2	3,6–9,6	0,8–2,6	–
Шлам обогащения магнетитовых руд	15,6–17,2	5,4–6,9	40,0–43,0	6,0–8,0	21,0–24,0	0,2–0,8	0,9–1,2	–
Хвосты сидеритов	16,6	11,1	22	10,2	6,7	11,7	–	0,16
Пыли аглофабрик магнетитовых руд	55–60	–	5–10	10–20	1–2	1–2	0,1–0,2	0,2–0,3
Шламы аглофабрик магнетитовых руд	48–70	–	4,5–9,0	2–12	1,4–3,4	0,4–5,9	0,2–0,4	0,2–0,4
Шламы аглофабрик сидеритов	67,2	0,8	11,4	0,8	4,1	1,8	–	0,08

зультатов технологии применения отходов обогащения железных руд с низким содержанием железа в производстве цементов взамен пиритных огарков, а также для изготовления строительных и штукатурных растворов, каменного литья и т. д.

Одним из направлений применения вскрышных пород, содержащих более 70 % кремнезёма и более 15 % глинозёма, является производство керамических плиток, где эти породы заменяют дефицитный полевой шпат. Жёлтые железосодержащие пыли Бакальских руд и шламы аглофабрики сидеритов можно использовать как природные пигменты (охры) [18]. Свойства их приведены в табл. 7.2.

По многим показателям тонкодисперсные отходы природных руд Бакальского месторождения и шламов сидеритов удовлетворяют требованиям к природным железосодержащим пигментам. Однако использовать эти отходы в качестве природных пигментов можно только после повышения в шламах содержания железа до 73 % и выше и подвергать шламы микроизмельчению в воздуходструйной мельнице с добавкой 10–15 % охры с последующей классификацией пигмента [Там же].

**Технические требования
к природным железосодержащим пигментам**

Показатель	Охра сухая			Охра бакаль- ская	Сурик железный			Марки	Шламы сиде- ритов
	0–1	0–2	0–3		Г	АК	З	К	
Массовое содержание (%) соединений железа в пересчёте на Fe ₂ O ₃ , не менее	19	12	9	83,9	73	70	70	63	67,0
веществ, раствори- мых в воде, не более	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5
соединений хлора в пересчёте на Cl, не более	–	–	–	–	0,03	0,1	0,15	0,3	–
Укрывистость, г/м ³ , не более	65	85	45	30	–	–	20	20	20
Маслоёмкость, г/100 г пигмента, не более	40	40	40	40	14	15	20	21	20
Остаток после мокро- го просева, % на си- те с сеткой 0056К, не более	0,07	0,5	1,0	1,0	–	–	–	–	–

Не находят широкого применения шламы газоочисток аглофабрик, особенно шламы, полученные нейтрализацией сернистых газов карбонатом кальция и технической известью, содержащих до 20 % неразложившихся карбонатов. Такие шламы можно применять для получения цемента, гипсовых вяжущих, наполнителей, а также технического гипса путём обработки шламов серной кислотой (а. с. № 1825758; 1993; № 1731754; 1992; № 1662972; 1990)].

Пыли и шламы с высоким содержанием соединений железа и углерода наиболее экономично перед повторным применением в производстве прокаливать в восстановительной атмосфере и подвергать магнитной сепарации, магнитный продукт использовать в процессе как восстановитель, а остальную часть применять для изготовления цемента.

Технологии переработки графитсодержащей пыли на предприятиях металлургии не доработаны. Такая пыль на некоторых предприятиях применяется в смеси с перлитом и сульфитно-

спиртовой бардой для изготовления уплотняющих материалов прокалочных и металлургических печей и тепловых агрегатов.

Образующиеся в процессе добычи и обогащения сырья пыли и шламы предприятий горнодобывающей промышленности в значительном количестве возвращаются для получения агломерата или окатышей путём их подшихтовки к основному сырью.

Пыль, улавливаемая в производстве цемента, используется повторно путём подшихтовки к основному сырью только частично из-за повышенного содержания в ней щёлочи. Некоторое количество пыли применяется при измельчении клинкера. Отмывка щёлочи до 1,2 % и особенно до 0,6 % позволяет использовать всю пыль в шихте, так как по остальным показателям она соответствует составу сырья. Шламы асбоцементного производства из-за непостоянства их состава и повышенного содержания щёлочи в количестве до 3 % добавляются к сырью при получении различных асбоцементных изделий.

Практически вся пыль, улавливаемая в процессе измельчения сырья для изготовления фаянсовых, фарфоровых и стеклянных изделий, и гипсовая пыль, получаемая при измельчении гипсового камня и сушке гипсовых изделий, возвращается в сырьё путём подшихтовки, так как она чаще всего по составу соответствует сырью.

7.1.2. Переработка отходов добычи и обогащения руд цветных и редких металлов

Отходы разработок месторождений меди сосредоточены в окрестностях г. Карабаша и в Верхнеуральском районе в виде терриконов и отвалов «пустых» пород из шахт и карьеров и хвостов обогащения медных руд в двух хвостохранилищах. Горные породы отвалов сильно сульфидизированы. В Карабаше песка в породе около 30 %, щебня и дресвы — 60–70 % [17]. По химическому и минералогическому составу хвосты старого и нового хранилищ отходов обогащения медных руд в Карабаше различаются незначительно. К отходам, находящимся в районе Карабаша, относятся также кислые шахтные воды. Из отходов горного производства Карабаша утилизировались ежегодно только до 50 тыс. т. терриконов для закладки выработок.

Кислые шахтные воды Карабаша нейтрализуются известковым молоком, а получаемые гипсосодержащие шламы, в которых содержится железа 20–25 %, меди 2–4, цинка 4–6, серы 10–15, кальция 25–30, редкоземельных металлов 0,3, сбрасываются в пруд-накопитель. В связи с многокомпонентным составом шламы не используются, что привело к их значительному накоплению — более 500 тыс. т.

Отходы рудника «Объединённый» в Верхнеуральском районе также используются неудовлетворительно. Примерно из 80 млн м³ отходных пород ежегодно перерабатывается для получения щебня 400 тыс. м³ вулканитов и известняка.

На ряде предприятий страны породные отвалы и породы от подземной добычи медной руды применяются для получения щебня и для изготовления облицовочных изделий, производства декоративных бетонов и каменной крошки, а также при строительстве автомобильных и железных дорог [17].

Хвосты обогащения медных руд, содержащие ряд ценных металлов (селен, теллур, висмут, кадмий, германий, золото, серебро и другие), могут быть использованы как металлургическое сырьё и для изготовления железосодержащих пигментов, дефицит которых в стране огромен (а. с. № 1054389; 1983).

Значительно отличаются по составу от отходов добычи и переработки медных руд отходы уфалейского и нагайбакского никелевых месторождений. Породы вскрыши состоят из крупно- и мелкокускового щебня (обломков серпентинита, мрамора, сланцев). В состав пород входят кальцит, хлорит и тальк.

В настоящее время, в связи с недостаточной изученностью, как породы, так и некондиционные руды не используются. Отходы вскрыши никелевых месторождений могут использоваться в качестве щебня, песка, строительного камня, а также в качестве сырья для каменного литья, шлаковаты и кирпича.

Отходы Вишневогорского рудоуправления практически все перерабатываются: порода вскрыши — для щебня, строительства дорог и подсыпки дамб, а хвосты обогащения — для получения нефелин-полевошпатного и биотитового концентратов для керамической и электродной промышленности.

Вскрышные породы месторождений боксита и забалансовые

сернистые бокситы пока не используются в промышленности, несмотря на наличие технологий их переработки.

При добыче руд коренного золота в г. Пласте образуются отвалы породы, содержащие до 5 500 мг/кг мышьяка при ПДК для почв сельхозугодий в 2 мг/кг. В отвалах вскрыши содержатся примеси меди, свинца, цинка и других тяжёлых металлов. При обжиге арсенопиритных руд выделяются газы с высоким содержанием мышьяка, серы и железа, которые не полностью улавливаются очистными установками. Отходы обогащения золотосодержащих руд на 85 % состоят из кварца, полевого шпата и слюды, на 15 % шламов из пироксена, арсенопирита, магнетита и пирита. В настоящее время ведётся постепенная реконструкция предприятия с получением новых видов продукции (чистого мышьяка и специальных лакокрасочных материалов).

Отходы добычи россыпного золота в количестве около 2 млн т строительного песка хранятся на Миасском полигоне и только частично используются в строительстве.

7.2. Основные направления использования металлургических шлаков

В металлургии как при получении чёрных, так в процессе производства цветных металлов образуются огромное количество различного состава шлаков. Химический состав некоторых из них приведён в табл. 7.3 [17; 21].

Таблица 7.3

Химический состав металлургических шлаков, масс. %

Шлак	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	Fe ₂ O ₃	Другие оксиды
Доменный	39,5	40,6	11,0	11,0	0,9	0,24	–	–
Феррохромовый	1–3	32,0	21,5	39,0	–	0,6	–	Cr ₂ O ₃ — 3–6
Ферросилиция	23,7	48,5	27,5	1,8	–	2,4	–	–
Медеплавильный окисленных руд	13,5	45,5	6,3	2,0	–	–	24,8	SO ₃ — 1,7; CuO — 0,4; ZnO — 0,8
Никелевый	2,7	41,2	8,4	18,7	–	–	24,5	NiO — 1,0; CuO — 0,2
Цинксодержащий отвальный	21,0	22,0	3–5	–	–	29	–	SO ₃ — 1,9; ZnO — 1,5; CuO — 0,4; C — 1,5–2,6

В зависимости от химического состава металлургические шлаки применяются для изготовления различных материалов. Из всех получаемых шлаков в металлургии только доменные шлаки и частично шлаки ферросплавных производств пригодны для получения легковесных бетонов. Так, например, на основе заполнителей из шлаков ферросплавного производства на вяжущих из глинозёмистого и высокоглинозёмистого цементов и фосфатных вяжущих разработаны составы жаростойких бетонов с температурой применения от 800 до 1 700 °С [11; 21].

Шлак низкоуглеродистого феррохрома отличается от высокоуглеродистого шлака не только по химическому, но и по минеральному составу. Он содержит 60–75 % двухкальциевого силиката и может в больших объёмах применяться в производстве вяжущих. При охлаждении в таком шлаке изменяется кристаллическая решётка двухкальциевого силиката с увеличением объёма кристаллов на 12 %, что вызывает разрушение твёрдого монолитного шлака до мелкого порошка. При рассыпании шлака из него выделяются скрапины и корольки металла в отдельные частицы, что позволяет выделить их воздушной сепарацией и использовать в процессе плавки.

Шлаки ферромolibдена и ферровольфрама по химическому составу различаются незначительно. Они обладают сильными магнитными свойствами и подвергаются магнитной сепарации. При обработке шлака ферромolibдена отделяются металлические корольки, содержащие до 10–25 % Mo, 70–85 % Fe и 2–7 % Si. Извлекается из шлака до 70 % Mo. Оставшаяся часть шлака после отделения молибдена, железа и части кремния по стойкости не уступает диабазу. На основе полученного измельчённого шлака ферромolibдена разработана технология получения тонкомолотой добавки к портландцементу в количестве 30–50 %, обеспечивающей устойчивость цементного камня в интервале температур 110–1 000 °С, как и молотый шамот (а. с. № 191395). Для изготовления жаростойких бетонов марки БФ отправлено для АО «Тепломонтаж» (г. Уфа) в том же году 3 000 т шлаковых заполнителей.

Шлак ферровольфрама также подвергается дроблению и магнитной обработке, в результате чего получается концентрат

с содержанием WO_3 около 1,0 %, а извлечение вольфрама составляет 13,2 %. Шлаки после отделения от них металлов перерабатываются только частично и отгружаются в отвал, хотя его, как и молибденовый шлак, можно использовать для получения огнеупорных бетонов [17; 21].

Распадающиеся феррохромовые шлаки применяются в качестве отвердителя в жаростойких бетонах на жидком стекле и в шлакощелочных бетонах с температурой применения 800–1400 °С. С использованием феррохромового шлака и пыли газоочисток производства силикомарганца с добавкой жидкого стекла получают вяжущее с повышенной остаточной прочностью при 800 °С при следующем соотношении компонентов: феррохромовый шлак — 17–56 %, пыль газоочистки — 10–50 %, жидкое стекло — 33–34 % (а. с. № 1675251; 1991).

Гранулированный доменный шлак широко применяется для изготовления вяжущих (цементов) и жаростойких бетонов различного назначения. Такого состава шлак используется в значительном количестве для изготовления с высокой прочностью и увеличенным сроком схватывания вяжущего, включающего дополнительно растворимое стекло и золу-унос при следующем соотношении компонентов: доменный шлак — 50–67 %; растворимое стекло — 8–15 %, зола-унос — 25–35 % (а. с. № 1008182; 1983).

Доменный гранулированный шлак применяется также для изготовления с повышенной удельной вязкостью, прочностью и стойкостью в воде композиций конструкционных строительных материалов, включающих водный раствор силиката натрия, добавку капронового волокна длиной 40–60 мм и 20%-й раствор гидрата окиси калия при следующем соотношении компонентов: доменный гранулированный шлак — 60–64 %; водный раствор силиката натрия — 22,5–27,0 %; капроновое волокно — 4,0–6,0 %; 20 %-й раствор гидрата оксида калия — 7,5–9,0 % (а. с. № 1046222; 1983).

Особенно эффективна переработка доменных огненножидких шлаков с добавкой природных каменных материалов (базальта, диабазы, гранита и т.п.) в шлаковую вату и минераловатные изделия на специальной установке, что не только снижает расход

тепла на производство изделий, но и значительно улучшает качество шлаковаты, снижая её диаметр с 4–6 мкм до 1–4 мкм [27. С. 144].

Доменный шлак может применяться в смеси с различными отходами и сырьём также для получения приведённых далее теплоизоляционных материалов и изделий:

- в смеси с портландцементом, шлаковой пемзой, кварцевым песком и бокситовым шлаком для изготовления шлакоблоков;
- в смеси с капроновым волокном и растворами силиката натрия и гидрата оксида калия для изготовления композиции теплоизоляционного материала с повышенной прочностью [17].

Шлаки мартеновского и конверторного производств после отделения от них металла и измельчения обладают, как и доменные шлаки, высокими вяжущими свойствами, и их можно применять для производства теплоизоляционных материалов.

В небольших объёмах для получения вяжущих и жаростойкой изоляции применяются также и шлаки ферросплавного производства. Так, например, с использованием феррохромового шлака получают огнезащитное теплоизоляционное покрытие, содержащее жидкое стекло, вермикулит, отходы пенополистирола, отвердитель жидкого стекла при следующем соотношении компонентов: феррохромовый шлак — 20–40 %; жидкое стекло — 38–60 %; отвердитель — 5–12 %; вермикулит — 4–6 % (а. с. № 1761717; 1992).

С использованием ферромарганцевого и феррохромового шлаков изготавливается с низкой объёмной массой теплоизоляционный материал, включающий указанные шлаки, каолиновое волокно, растворимое стекло и асбест при следующем соотношении компонентов: шлак — 20–30 %; каолиновое волокно — 40–50 %; растворимое стекло — 15–20 %; асбест — 10–15 % (а. с. № 1143729; 1985).

Применяется также способ изготовления высокой прочности шлакощелочного вяжущего, включающего гранулированный доменный шлак, кремнистый компонент (отходы ферросплавного производства — пыль-унос производства ферросилиция с удельной поверхностью 5 000–5 500 см²/г), щелочной активатор (отход химико-фармацевтического производства — плав

солей улавливания газов с содержанием углекислого натрия 30–40 % и гидроксида натрия — 15–20 %) при следующем соотношении компонентов: гранулированный доменный шлак — 71–80 %; указанная пыль-унос — 15–20 %; щелочной активатор — 5–9 % (а. с. № 1615161; 1991).

Экономичные теплоизоляционные материалы получают также с использованием белитового шлама, жидкого стекла, отходов минеральной ваты и отходов анальгина, взятые в следующем соотношении компонентов: белитовый шлам — 45–60 %; жидкое стекло — 35–45 %; отходы минеральной ваты — 3–5 %; отходы производства анальгина — 2–5 % (а. с. № 1423534; 1988).

Шлаки цветной металлургии в связи с низким содержанием в них оксидов кальция и алюминия не обладают вяжущим свойством и поэтому без специальной обработки или добавки активных реагентов не применяются для изготовления огнеупорных материалов.

Основным направлением использования шлаков цветной металлургии в нашей стране и за рубежом является производство литых шлаковых изделий, шлаковаты и шлакоситаллов, крупных и мелких заполнителей для бетонов [17].

На заполнителях из отвалных никелевых и медных шлаков, вяжущих из шлакопортландцемента и портландцемента с тонкомолотовыми добавками гранулированных шлаков разработаны жаростойкие бетоны с температурой применения от 600 до 1000 °С.

Отвалы шлаки алюминиевого производства содержат до 30 % дисперсного металлического алюминия. После их отмывки от хлоридов и других химических соединений они могут применяться в качестве газообразователя в поризованных жаростойких бетонах на различных вяжущих.

Применение шлаков цветной металлургии в качестве составляющих сырья для жаростойких бетонов взамен традиционных материалов позволит расширить сырьевую базу и снизить себестоимость получаемых на их основе бетонов в 1–2 раза.

Общим требованием к сырью, применяемому для изготовления жаропрочных бетонов, является, как указывалось ранее, его высокая прочность и низкая теплопроводность, а также повышенная термостойкость [17].

7.3. Расширение областей применения шлаков цветной металлургии

7.3.1. Перспективная технология получения белито-периклазового вяжущего

На кафедре строительных материалов ЮУрГУ на основе проведённых исследований взаимодействия отходного белита $P-C_2S$ с различными добавками выявлены следующие закономерности:

1. Установлен прирост содержания стабилизированной β -формы двухкальциевого силиката на 10–20 % после обжига известково-кремнезёмистой сырьевой смеси с кристаллохимическими стабилизаторами при применении щёлочесиликатной клинкерной связки, а также достижение полной стабилизации двухкальциевого силиката в β -форме при условии комплексной стабилизации в процессе обжига.

2. Выявлены зависимости прочности и особенности фазового состава белито-периклазового камня при температурах от 20 до 1 600 °С. Установлено оптимальное соотношение стабилизированного белита и тонкомолотого плавленого периклаза в композиционном вяжущем, обеспечивающее эффект снижения водопотребности, повышения плотности и прочности при нормальных и высоких температурах.

3. Выявлена также гидравлическая активность тонкомолотого порошка из плавленого периклаза и его повышенная адсорбционная способность по отношению к суперпластификатору, обеспечивающие повышение физико-механических свойств белито-периклазового композиционного вяжущего [12; 51. С. 29].

На основе установленных зависимостей:

– разработана технология производства белито-периклазового вяжущего с применением в качестве клинкерной связки щелочных силикатов;

– получено комплексное белито-периклазовое вяжущее и композиции на его основе, обладающие остаточной прочностью не менее 60 % при воздействии температур максимального разупрочнения в интервале 800–1 000 °С;

– с использованием стабилизированного композиционного белито-периклазового вяжущего и широко распространён-

ных сырьевых ресурсов получен также жаростойкий материал с температурой применения не менее 1 800 °С и повышенными физико-механическими свойствами за счёт кристаллохимической активации в процессе синтеза и формирования композиции с периклазом;

– разработана технология получения жаростойких материалов, применяемых для футеровки металлургических агрегатов взамен бетонов на корундовой основе. Бетоны на белитовой основе могут также эксплуатироваться в среде расплавленного шлака, что значительно повышает их значимость в металлургической промышленности.

7.3.2. Повышение вяжущих свойств шлаков введением добавок и их обработки

Из отходов производств металлургии наиболее многотоннажными являются шлаки чёрной металлургии, большинство из которых обладает вяжущими свойствами и по ряду показателей соответствует требованиям сырья для изготовления теплоизоляционных материалов и изделий, но мартеновские и конверторные шлаки из-за высокого содержания в них металлического железа — «корольков» не пригодны для получения минерального волокна [17; 21]. Частично такие шлаки используются для получения шлаковой ваты и пемзы, применяемых для тепловой защиты металлургических агрегатов.

Шлаки цветных металлов из-за низкого содержания в них оксидов кальция, кремния и алюминия и высокого содержания оксидов железа не пригодны для производства огнеупорных материалов, особенно минерального волокна. Однако при измельчении таких шлаков и обработки их магнитной и воздушной сепарацией от них отделяются оксиды железа и, соответственно, повышается содержание оксидов кремния, алюминия и кальция, что позволяет при добавке к ним щелочных реагентов использовать их для производства указанных материалов, в том числе и шлаковаты.

Гранулированные медно-никелевые шлаки, обладающие высокими значениями прочности при сжатии (400 МПа) и модулем упругости (11×10^4 МПа), измельчённые до дисперсности

цемента (3 000–3 500 см/г), по данным исследований Урал-НИИСтромпроекта, обладают вяжущими свойствами. В случае если шлак обладает недостаточным вяжущим свойством, то для повышения вязкости в тонкоизмельчённый шлак вводят в небольшом количестве добавку щелочного активатора в процессе его обработки в автоклаве при температуре 175 °С в среде насыщенного пара.

Так, при добавке к шлаку соды получают изделия с прочностью 50 МПа; при активации известью — 60 МПа и при активации щёлочью — до 100 МПа получают алюмосиликофосфатную связку на его основе [52. С. 84]. Предварительно необходимо термообработать волокно для удаления замазливателя при температуре 400–600 °С. При термообработке волокно на 70–80 % переходит в раствор с образованием жидкой алюмосиликофосфатной связки. Незначительные фрагменты непрореагировавшего волокна способствуют повышению прочности газобетона, армируя цементный камень.

Продукты твердения алюмосиликофосфатной связки в ячистом бетоне при низких температурах представлены фосфатами алюминия и кремния — в начале метофосфатами, затем пирофосфатами. При нагреве до температуры применения формируются преогнеупорные соединения — ортофосфат алюминия в кристаллитной и тридимитной формах, непрореагированный алюминий переходит в корунд [Там же. С. 92].

Таким образом, использование отходов муллитокремнезёмистого волокна позволяет получать теплоизоляционный жаростойкий фосфатный газобетон со средней плотностью 350–500 кг/м³. Волокно, являющееся армирующим компонентом, повышает прочность при изгибе, что позволяет перевозить изделия на большие расстояния, не допуская разрушения бетона.

На качество теплоизоляционных материалов оказывает влияние не только механохимическая обработка, но и добавка щёлочи, что подтверждается приведённым далее данными. Сырьевая смесь для изготовления теплоизоляционного материала с повышенной прочностью при изгибе, водостойкостью и повышенной температурой применения, включает вспученный вермикулит, минеральное волокно и щелочной компонент, в качестве

которого применяется смесь соды и щёлочи, и дополнительно минеральное масло и водорастворимые органические вещества с температурой кипения 35–107 °С, при следующем соотношении компонентов: вспученный вермикулит — 73–97 %; минеральное волокно — 1,0–25,0 %; сода — 0,8–7,0 %; щёлочь — 0,2–1,7 %; минеральное масло — 0,01–0,05 %; водорастворимые органические вещества — 0,04–3,4% (а. с. № 1189851; 1985).

7.3.3. Повышение вяжущих свойств шлаков путём добавки щелочных реагентов

На качество огнеупорных материалов существенное влияние оказывают различные добавки, вводимые в состав сырья в процессе получения изделий. Так, например, большую пористость теплоизоляционным материалам придают волокнистые отходы при одновременной их высокой прочности и жаростойкости, особенно с добавкой к смеси тонкомолотого талька, глинозёмистого цемента или жидкого стекла, что позволяет применять такие материалы для защиты поверхностей прокаточных печей. Легковесный теплоизоляционный материал получают также поризацией тонкоизмельчённого металлургического шлака ортофосфорной кислотой с добавкой порошка цинка или алюминия [52. С. 118].

В связи с этим в последние годы всё большее внимание стало уделяться технологии с применением шлакощелочного вяжущего (ШЩВ), основным сырьём для которого являются металлургические шлаки. В результате проводимых исследований разработана технология производства шлакощелочных вяжущих, которые по некоторым параметрам существенно превосходят портландцементы: прочность на сжатие в зависимости от применяемого щелочного компонента может составлять до 150 МПа, морозостойкость — 100 циклов. Такое вяжущее можно укладывать в опалубку при температуре до –40 °С без потери прочности от замерзания [51. С. 109].

Суть технологии приготовления ШЩВ состоит в следующем: гранулированный металлургический шлак высушивается в сушилках до содержания в нём влаги не более 2 %, после чего он размалывается в шаровых мельницах до тонкости помола цемента (3 000–3 500 см/г) и далее к нему добавляются щелочные

компоненты. В качестве щелочных компонентов применяются такие технические продукты, как NaOH , KOH , Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , Na_2SiO_3 . Количество щелочных добавок зависит от их химического состава и составляет 2–5 % от массы шлака в пересчёте на Na_2O и 3–10 % в пересчёте на K_2O . При использовании щелочных растворов их концентрация должна быть в пределах 15–18 %.

При смешивании таких растворов с измельчённым шлаком образуется вязкая масса, которая в технологически заданное время превращается в камневидное тело. Технология шлакощелочного бетона не отличается от технологии приготовления бетонов на портландцеменах. Однако применение перечисленных выше технических добавок для получения шлакощелочных вяжущих экономически не всегда выгодно.

Наиболее перспективно использовать взамен технических компонентов различные отходы, содержащие щёлочи. Так, например, метасиликат натрия — побочный продукт нефтегазовой отрасли, с использованием которого получают вяжущее прочностью 150 МПа. В качестве щелочного компонента могут быть также использованы крупнотоннажные отходы производства сульфида натрия, капролактама, глинозёма, кислорода, а также отработанные щелочные растворы, получаемые при очистке отливок от шлака и окалины [51. С. 109]. Шлакощелочные бетоны имеют следующие преимущества:

- высокая механическая прочность, повышенное сопротивление истиранию;
- высокая водостойкость и водонепроницаемость, низкий коэффициент фильтрации;
- высокая атмосферо- и воздухостойкость, устойчивость к среде с повышенным содержанием углекислого газа;
- пониженная по сравнению с обычным цементным бетоном теплопроводность;
- низкое тепловыделение при твердении;
- возможность твердения при отрицательных температурах;
- высокая стойкость в ряде агрессивных сред, хорошая сохранность стальной арматуры;
- повышенная жаростойкость, особенно в тонкостенных конструкциях;

– стабильность структуры бетона во времени, долговечность, надёжность.

Технико-экономическая эффективность шлакощелочных вяжущих и бетонов определяется их высокими физико-механическими характеристиками, эксплуатационными преимуществами, низкой себестоимостью, энерго- и материалоемкостью, а также возможностью в значительных объёмах утилизировать промышленных отходы. Все эти преимущества создают расширенные условия для внедрения таких вяжущих и бетонов, в том числе и для изготовления жаропрочных бетонов различного назначения.

7.4. Использование шлаков феррохрома для производства вяжущих и жаростойких бетонов

На Ключевском заводе ферросплавов в процессе производства образуются феррохромовые шлаки, содержащие следующие компоненты: Al_2O_3 — 30 %; SiO_2 — 15 %; MgO — 17 %; CaO — 27 %; Cr_2O_3 — 10 %; FeO — 0,7 % [52. С. 97]. Такие шлаки в связи с содержанием в них кристаллического двухкальциевого силиката в виде C_{12}A_7 при охлаждении переходят из высокотемпературной формы в низкотемпературную и рассыпаются в порошок. При затворении шлака водой в связи с наличием в нём указанной формы силиката происходит быстрое схватывание массы. Так, например, масса, состоящая из измельчённого молотого шлака до тонкости помола цемента (остаток на сите № 0,08 составляет 13 %). при $\text{В/Ц} = 0,31$ имеет начало схватывания 11 мин, конец схватывания — 40 мин.

Результаты проведённых исследований на прочность 6 типов образцов размером $40 \times 40 \times 160$ мм, изготовленных из исходного и молотого шлака с различными добавками сахара, гипса лигносульфоната (СДБ) и С-3, приведены в табл. 7.4.

Наилучшие результаты получены у образцов исходного шлака с добавкой СДБ. Кроме того, при измельчении шлака до тонкости по ГОСТ увеличивается его активность на 30 %, а при добавке СДБ в объёме 1,4 % начало схватывания начинается через 54 мин. Активность шлака как вяжущего проверялась по

Результаты испытания образцов на прочность из указанного сырья

Вид шлака и добавок	Начало схватывания, мин	Время твердения, мин
Шлак исходный (В/Ц = 0,31)	11	40
Шлак молотый (В/Ц = 0,27)	7	28
Шлак исходный + сахар (1,25 %), В/Ц = 0,27	40	211
Шлак молотый + гипс (3 %), В/Ц = 0,27	15	55
Шлак исходный + ЛСТ (СДБ) (3 %), В/Ц = 0,27	31	122
Шлак исходный + С-3 (1 %), В/Ц = 0,27	10	38

ГОСТ 310.4 и равна 6,2 МПа, а через 7 суток прочность образцов из исходного шлака составляла 13,7 МПа, из молотого шлака — 17,6 МПа.

Твердение растворов и бетонов с использованием шлака феррохрома должно проходить в воздушно-сухих условиях при температуре 16–18 °С. Для увеличения сроков схватывания изделий рекомендуется использовать в качестве добавки СДБ и производить измельчение шлака до тонкости цемента.

7.5. Характеристика замасленной окалины и методы её переработки и применение

Окалина, особенно замасленная, является многотоннажным отходом на предприятиях чёрной металлургии и машиностроения, который используется только частично. Качество окалины в основном зависит от химического состава обрабатываемого металла и условий термообработки [30; 40]. При высокотемпературном окислении нелегированной стали на её поверхности образуется три слоя оксидов железа: наружный слой — Fe_2O_3 (гематит), средний слой — Fe_3O_4 (магнетит) и нижний слой — FeO (вюстит) [40]. Так, при температуре термообработки 1070 °С такой стали количество каждого слоя составляет соответственно 37,16 и 47 %. При термообработке легированной стали в окалине образуются оксиды железа и легированные компоненты в виде шпинелей различного состава ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$; $\text{NiO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$; $\text{NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$; Fe_2SiO_3), а также оксиды легиру-

ющих металлов (Cr_2O_3 ; Cr_2O ; NiO ; SiO_2) и другие оксиды в зависимости от их наличия в стали. В цехах для улучшения отделения окалины от металла применяют масла различного состава: автол, АК-10; АК-15, индустриальное и другие масла. В связи с этим, в отстойниках вместе с окалиной накапливается масло, часть которого (до 20–25 %) находится на поверхности окалины. Количество выделяемой окалины в отстойнике не превышает 75–80 %, основная её масса выпадает в отстойнике за 30–40 мин. Образующийся шлак крупностью +0,2 мм и плотностью 2 т/м³ содержит до 30 % влаги, 22–30 % масла и 65–72 % железа.

Основное направление работ по использованию замасленной окалины заключается в применении её в металлургическом процессе. Однако использование окалины в такой шихте сдерживается высоким содержанием в ней масла. Содержание масла в окалине до 10–25 % может быть снижено при её длительном хранении на специально оборудованных площадках. Полностью удалить масло из окалины можно только её прокаливанием. Известны различные методы переработки замасленной окалины: обжиг и брикетирование окалины, иногда в смеси с различными добавкам (коксом, известняком и т. д.).

Так, на комбинате «Криворожсталь» применён метод термообработки предварительно измельчённой и прокалённой при 800 °С замасленной окалины в мельнице, оборудованной роторным вентилятором, с последующим брикетированием с добавкой вяжущего (бентонита и извести) [30]. Содержание масла в прокалённой окалине снижается до 1,52–1,72 %. Перерабатывать такую окалину наиболее экономично в доменном процессе в смеси с различными железосодержащими отходами (прессованной стружкой, обезвоженным шламом металлургических печей или уловленной железосодержащей пылью).

Например, на Первоуральском новотрубном заводе построена опытно-промышленная установка по брикетированию окалины, оснащённая гидравлическими прессами модульного типа. Она проработала 4 месяца в опытно-промышленном режиме, наработав 100 т брикетированной окалины, соответствующей

ТУ 072600-001-38576343-03 «Брикеты из железосодержащей окалины». Брикеты испытаны в НТЦ ОАО «Мечел» и, по заключению научного центра, пригодны для получения качественного чугуна.

Известно применение замасленной мелкой окалины путём её смешения с жидкими углеводородами и водой, взятых в соотношении (30–60) : (25–50) : (15–30) в эмульгированном аппарате. Полученное стабильное вододисперсное топливо нагревают до температуры 50–90 °С и под давлением, превышающим давление горячего дутья на 50–250 кПа, подают в доменную печь через фурмы (патент РФ № 2241762; 2004).

В случае наличия на предприятии грубодисперсной замасленной окалины её наиболее выгодно предварительно разделять на крупную фракцию размером более 75 мкм и мелкую — размером менее 75 мкм. Крупную фракцию измельчают до размеров менее 50–75 мкм, смешивают её с мелкой фракцией, подвергают их эмульгированию в эмульгаторе в смеси с жидким углеводородом и водой, взятых в том же соотношении, что и в предыдущем методе, и используют также в доменном процессе (патент РФ № 2241763; 2004).

Однако перерабатывать замасленную окалину указанными методами неэкономично. Наиболее эффективно её применять в смеси с отходами с высоким содержанием железа после снижения в ней содержания масла на специальной установке, технологическая схема которой приведена на рис. 7.1.

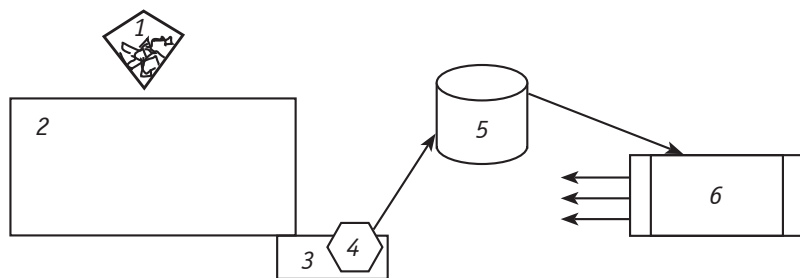


Рис. 7.1. Схема отделения и разделения масла на лёгкие фракции, воду и шлам: 1 — грейфер; 2 — площадка для окалины; 3 — приямок; 4 — насос; 5 — ёмкость для смеси масла, воды и шлама; 6 — сепаратор

От замасленной окалины при выдержке её на бетонированной площадке (2) масло стекает в приямок (3), откуда оно погружным насосом (4) по мере его накопления в приёмке выкачивается в ёмкость (5) и далее подаётся на разделение в сепараторе (6) на три продукта: воду, масло и шлам. Окалину после отделения от неё масла возможно использовать при изготовлении агломерата совместно с пылью (шламом), получаемой при плавке чёрных металлов.

7.6. Перспективная технология переработки шламов конверторного производства стали и замасленной окалины

Учитывая результаты переработки цинк- и свинецсодержащего сырья на предприятиях цветной металлургии, можно, применив их технологию, более эффективно перерабатывать конверторный шлам с получением не только готового более качественного сырья для доменного процесса — брикетов с высоким содержанием железа, но и технических цинка и свинца для предприятий цветной металлургии [17; 21].

Особенность технологии переработки цинк- и свинецсодержащего сырья заключается в сложности разделения цинка, свинца и железа. Схема процесса восстановления оксидов цинка и свинца приведены на рис. 7.2.

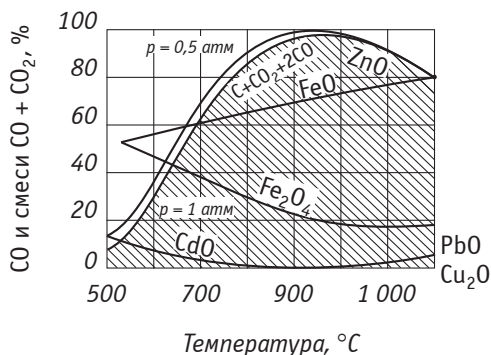


Рис. 7.2. Условия восстановления ZnO в присутствии углерода

Оксид цинка восстанавливается по приведённой ниже реакции [46]:



Применение термообработки замасленной окалины в смеси с конверторным шламом позволит создать в барабанной печи восстановительную атмосферу, что обеспечит восстановление до металлов оксидов цинка и свинца. Однако для полного восстановления оксида цинка в печи необходимо повысить температуру до 1 200 °С, а для отделения металлического цинка и свинца необходимо вместо скруббера, применяемого для улавливания уносимых газом из печи оксида железа и паров цинка и свинца, имеющих различные температуры плавления и восстановления, применять различное аппаратное оформление процессов: два конденсатора, в первом из которых осаждают металлический жидкий свинец с тонкодисперсными частицами уносимого с газом оксида железа, а во втором после охлаждения газа до температуры 530–560 °С — жидкий металлический цинк. Технологическая схема такого процесса приведена на рис. 7.3.

По предлагаемому технологическому процессу обезвоженный шлам в отстойнике-осветлителе (1 и 2) и на фильтр-прессе (3) и замасленная окалина из бункера (4) шнековым смесителем (5) подаётся в барабанную вращающуюся печь (6), обогреваемую доменным газом до температуры 600 °С. В печи за счёт сгорания масла создаётся восстановительная атмосфера, в результате чего происходит восстановление оксида свинца до металла. По мере накопления расплавленного свинца во вращающейся печи печь останавливается на 15–20 мин и свинец с температурой около 400 °С выпускается через специальное устройство (7) в бункер расплавленного свинца (8), из которого он разливается в чушки весом по 30–40 кг. Из первой печи горячий продукт шнеком передаётся во вторую барабанную прокалочную печь, в которой температура подымается до 1 200 °С сжиганием природного газа, поддерживая в печи восстановительную атмосферу. Оксид цинка восстанавливается при такой температуре до металла и испаряется, пары вместе с дымовыми продуктами уносятся в конденсатор (15), где конденсируются, и металл

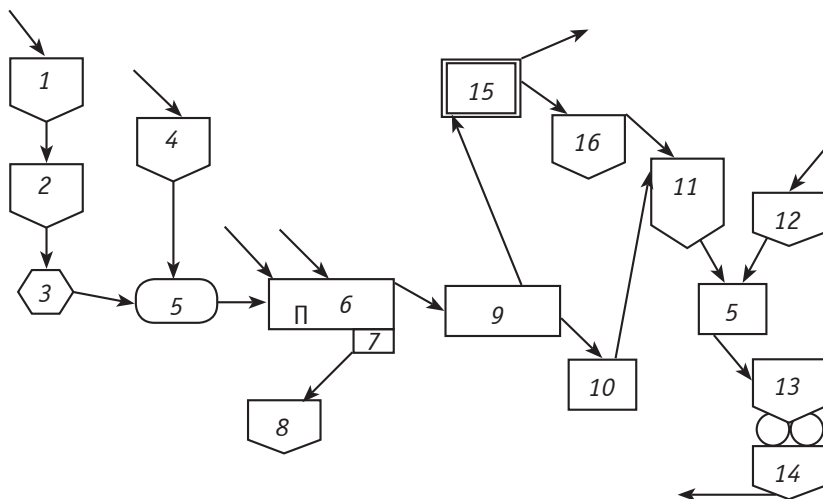


Рис 7.3. Технологическая схема

обработки конверторных шламов и окалины:

- 1 — отстойник; 2 — сгуститель; 3 — фильтр-пресс; 4 — бункер окалины; 5 — шнековый смеситель; 6 и 9 — прокаточная барабанная печь; 7 — выпускная лётка свинца; 8 — бункер расплавленного свинца; 10 — барабанный охладитель прокалённого продукта; 11 — бункер готовой продукции; 12 — бункер вяжущего (жидкое стекло или бентонит); 13 — пресс-валки; 14 — бункер прессованного продукта; 15 — конденсатор паров цинка; 16 — бункер плавного цинка

по мере накопления при температуре 530–560 °С выпускается в бункер (16) и далее разливается в чушки весом по 30–40 кг. Обожжённый шлам и окалина после охлаждения в барабане (10) подаются в бункер прокалённой смеси (11) ковшовым элеватором и далее вместе с добавкой из бункера (12) вяжущего и смешивания смеси в шнековом смесителе (5) подвергаются прессованию на пресс-валках (13). Брикетты из бункера готовой продукции (14) отгружаются автотранспортом в доменный цех на переработку.

Таким образом, внедрение рекомендованного процесса комплексной переработки шламов конверторов и замасленной окалины прокатного производства обеспечит не только экономично перерабатывать указанные отходы, получая более качественное сырьё для доменного процесса, технические металлы цинка

и свинца, но и значительно улучшит экологическую обстановку на предприятии.

7.7. Применение песка и глин для производства жаростойких бетонов и кирпича

7.7.1. Повышение качества низкопластичной глины добавкой отходов

В большинстве областей России отсутствуют или ограничены месторождения кондиционных глин и отошителей, пригодных для производства высокомарочного кирпича. В Самарской области сосредоточены запасы бейделлитовой глины, применение которой ограничено, поскольку для производства керамических материалов используются в основном гидрослюдистая и каолининовая глины.

Бейделлитовая глина, непригодная как самостоятельное сырьё для производства керамического кирпича из-за продолжительности сушки, имеет ряд преимуществ: может связать до 40 % отходов минеральной ваты, является местным сырьём, а качество готового кирпича с отходами минеральной ваты повышается и на его основе возможно получать не только огнеупорый, но и глазурованный кирпич [9].

Предметом исследования были эффективные составы керамического кирпича на основе бейделлитовой глины с применением отходов производства минеральной ваты. При исследовании получения использовались следующие сырьевые компоненты Самарской области: в качестве глинистого сырья — бейделлитовая глина Образцовского месторождения, гидрослюдистая глина Даниловского месторождения была взята для сравнения, а каолининовая глина Чапаевского месторождения — для получения глазурованного кирпича; в качестве отошителей и интенсификаторов спекания — отходы производства минеральной ваты. Химический состав исследуемых компонентов приведён в табл. 7.5.

Минералогические составы и технологические свойства глинистых материалов представлены в табл. 7.6 и 7.7.

В процессе производства минеральной ваты не все капли расплава успевают вытянуться в нити. Часть их принимает форму

Таблица 7.5

**Усреднённые химические составы глинистых материалов
и отходов, масс. %**

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	п.п.п.
Образцовское	55,13	19,25	2,0	1,32	7,72	1,50	1,01	8,80
Даниловское	64,20	10,30	5,68	2,20	4,02	2,50	0,50	8,40
Чапаевское	69,80	16,38	3,02	1,42	3,10	0,20	0,20	5,08
«Королёк»	43,20	7,30	23,60	14,6	6,72	2,79	0,90	0,80
Отходы*	15,30	7,98	31,20	7,60	10,60	6,79	0,98	19,30

* Продукт очистки дымовых газов ВПР минваты.

Таблица 7.6

Минералогический состав глинистых материалов, масс. %

Месторождение	Гидро-слюда	Кварц	Гипс	Полевой шпат	Каолинит	Бейделлит	Fe ₂ O ₃
Даниловское	25–30	25–30	5–7	10–15	10–15	3–16	4–5
Образцовское	5–10	20–25	2–3	10–15	3–5	35–45	5–7
Чапаевское	0	10–20	2–4	20–30	45–50	3–12	1-3

Таблица 7.7

Технологические свойства глинистых материалов, масс. %

Месторождение	Число пластичности	Содержание частиц до 0,005 мм	Огнеупорность, °С	Спекаемость
Даниловское	7–9	15–20	1100–1200	не спекается
Образцовское	15–24	40–55	1320–1350	не спекается
Чапаевское	10–15	30–35	1520–1550	спекается

шариков, жгутиков («корольки»). Продукт очистки отходящих дымовых газов от вагранки при получении расплава при производстве минеральной ваты (ВПР минваты) также является отходом и удаляется при производстве минеральной ваты в отдельные приёмники.

Исследования показали, что в отходах производства минеральной ваты, содержащие стеклофазу, присутствует и незначительное количество муллита, который будет центром кристаллизации муллита при обжиге керамических материалов. Кроме того,

продукт очистки отходящих дымовых газов от вагранки при получении расплава при производстве минеральной ваты имеет повышенное содержание потерь при прокаливании (п.п.п.), что будет способствовать обжигу внутри кирпича. Стекловидная фаза «королька» и продукта очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты неоднородна и под микроскопом представлена жёлто-бурым цветом, обусловленным наличием оксида железа, поэтому их светопреломление высокое $N_0 = 1,6-1,63$.

Исследование реологических, сушильных свойств и оптимизация составов керамических масс по физико-механическим показателям установило, что в глине Образцовского месторождения, в отличие от гидрослюдистой глины Даниловского месторождения, наличие разбухающего минерала бейделлита способствует более резким изменениям вязкости и повышенному содержанию влаги. Поэтому для получения керамического кирпича на основе бейделлитовой глины в составы керамических масс необходимо вводить отошители.

Для установления влияния «королька» на сушильные свойства керамического кирпича были исследованы составы, представленные в табл. 7.8.

Таблица 7.8

Составы керамических масс отходов, масс. %

Отходы	1	2	3
Бейделлитовая легкоплавкая глина	70	60	50
«Королёк»	30	40	50

Керамические материалы формовались пластическим методом при влажности шихты 20–25 % (в зависимости от содержания бейделлитовой глины). Физико-механические свойства высушенного кирпича приведены в табл. 7.9.

При исследовании зависимости между содержанием «королька» и основными физико-механическими характеристиками (морозостойкость и механическая прочность) использовался достаточно распространённый метод линейной регрессии.

Установлено, что если в шихте, содержание «королька» в которой СаО составляет 23,6 %, превысит 35 %, то спекание при

**Физико-механические свойства высушенного кирпича
трёх составов**

Стадия процесса	1	2	3
Температура, при которой появляются трещины, °С	130	145	155
Влажность конца усадки, %	6	7	10
Относительная усадка, %	5,8	3,4	2,0
Время сушки до остаточной влажности, ч	72	68	48
Механическая прочность при сжатии высушенного сырца до остаточной влажности 7–8 %, МПа	8,6	7,8	5,5

температуре 1 050 °С начинает ухудшаться, но до 40 % совсем незначительно, а затем резко. Это объясняется тем, что увеличение содержания СаО в керамической массе значительно интенсифицирует кристаллизацию анортита, который препятствует спеканию.

Аналогичные исследования были проведены и с составами, содержащими продукт очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты. Изучению подвергались образцы оптимальных составов, мас. %: 1) бейделлитовая глина — 65, «королёк» — 35; 2) бейделлитовая глина — 65, продукт очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты — 35. Исследования показали, что при обжиге керамического кирпича на основе бейделлитовой глины и отходов от производства минеральной ваты при температуре 950 °С происходит образование жидкой фазы, которая инициирует начало кристаллизации муллита при 1 050 °С.

Формирование прочности и пористой структуры керамических строительных материалов определяется муллитизацией стекла, служащей основной частью каркаса керамики. Химический и минеральный составы в участке муллитизированной стеклофазы керамических материалов на основе бейделлитовой глины и отходов производства минеральной ваты были установлены методом локального рентгеноспектрального анализа с помощью микрозонда фирмы Camebax, а с помощью электронного микроскопа определён их фазовый состав.

Необычная форма кристаллов муллита возникает из-за высокого содержания Fe_2O_3 , причём во втором составе содержание

оксида железа более высокое, чем в первом составе (см. табл. 7.8). С возникновением твёрдых растворов замещения образуется муллит различного химического состава. При этом Fe^{3+} замещает Al^{3+} . Внедрение ионов железа приводит к кристаллизации муллита в виде коротко призматических кристаллов вместо тончайших игл и удлинённо призматических кристаллов. Содержание муллитизированной стеклофазы в первом и втором составах соответственно равны 35–45 и 30–35 %. Расчётный химический состав оптимальных первого и второго составов представлен в табл. 7.10.

Таблица 7.10

Химический состав образцов, масс. %

Образец	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	п.п.п.
1	51,48	14,47	6,12	0,64	6,63	2,12	5,60
2	40,32	14,74	7,67	13,68	3,83	3,62	13,00

На основании результатов локального химического анализа выполнен расчёт содержания муллита в муллитизированной стеклофазе исследуемых составов 1 и 2. При этом предполагалось, что весь глинозём связан в муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, в котором содержание Al_2O_3 составляет 71,8 %, а SiO_2 — 28,2 %. По рентгеноспектрограмме в образцах состава 1 среднее содержание SiO_2 оказалось равным 49,5 %, а Al_2O_3 — 12,5 %, следовательно, содержание муллита может составлять 17,46 %. Содержание муллита в образцах состава 2 равно 18,10 %.

Применение керамического глазурованного кирпича для облицовки фасадов делает здание более эстетичным, долговечным и создаёт предпосылки для значительного снижения расходов при его эксплуатации. С учётом периодических ремонтов стоимость поверхности, облицованной керамикой, в 2–3 раза ниже по сравнению с другими видами отделки фасадов зданий.

Для получения глазурованного керамического кирпича исследовались два состава, масс. %: 1) бейделлитовая глина — 57, чапаевский каолин — 8 (приблизительное среднее содержание каолина в глазурях), «королёк» — 35; 2) бейделлитовая гли-

на — 57, чапаевский каолин — 8, продукт очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты — 35.

Исследования показали, что для получения термостойкого глазурованного керамического кирпича состава 1, имеющего ТКЛР $6,53 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, необходимо использовать легкоплавкую глазурь марки ЩЛСО, которая имеет ТКЛР $6,45 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Термостойкость глазурованного керамического кирпича, покрытого глазурью ЩЛСО, равнялась $155 \text{ } ^\circ\text{C}$, глазурями ЛГ-77, 24/75 и Н-23 соответственно — 110, 130 и $100 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Для керамического кирпича состава 2, имеющего ТКЛР $6,41 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, необходимо использовать легкоплавкую глазурь марки 24/75, которая имеет ТКЛР $6,40 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ и более высокое содержание мела. Термостойкость глазурованного керамического кирпича, покрытого глазурью 24/75, равнялась $140 \text{ } ^\circ\text{C}$, глазурями ЛГ-77, ЩЛСО и Н-23 соответственно 90, 120 и $100 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Исследования показали, что использование отходов производства минеральной ваты в составах керамических масс позволяет исключить из технологической схемы дробильное оборудование: щековые и молотковые дробилки для измельчения отощителя.

В работах Э. М. Вершининой, М. К. Гальпериной, А. В. Лыкова было установлено, что поры размером 10^{-5} – 10^{-7} м влияют на основные свойства керамических изделий, поскольку могут быть заполнены водой за счёт адсорбции влаги из влажного воздуха. При замерзании воды в порах происходит увеличение её объёма на 9 %, что является причиной разрушения керамических строительных материалов. Изучение структуры пористости керамического кирпича проводилось на оптимальных составах.

Исследования показали, что введение в составы керамических масс отхода производства минеральной ваты — «королька» при температуре обжига $1050 \text{ } ^\circ\text{C}$ способствует равномерному распределению пор по размерам. Содержание пор размером от 10^{-5} до 10^{-6} м составляет 36 %, «опасными» являются поры размером менее 10^{-6} м. Содержание таких «опасных» пор в образцах с отходами минеральной ваты заметно снижается с 44 до 23 % и 0 %.

Испытание опытных образцов керамического кирпича на ООО «Челно-Вершинский комбинат строительных материалов» показало, что введение в керамическую массу «королька» и продукта очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты значительно улучшает физико-механические показатели кирпича. Для получения опытно-экспериментальных образцов керамического кирпича использовались оптимальные составы, приведённые в табл. 7.11.

Таблица 7.11

Оптимальные составы керамических масс

Компоненты	Содержание компонентов, масс. %	Образец 1	Образец 2
Состав 1	Образцовская бейделлитовая глина	60	60
Состав 2	«Королёк»	40	0
Продукт ВПР	Минвата	0	40

Физико-механические показатели кирпича: прочность при сжатии образцов 1 и 2 составила соответственно 18,8 и 16,8 МПа, при изгибе — 4,2 и 2,8 МПа; плотность кирпича соответственно равна 1 800 и 1 400 кг/м³; водопоглощение — 8 и 10 %; огневая усадка — 3,3 и 2,4 %; общая усадка — 6,7 и 5,8 %, а морозостойкость — 50 и 30.

Согласно требованию ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» полученные кирпичи, содержащие «королёк» и продукт очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты, соответствовали маркам М175 и М150.

Ожидаемый экономический эффект по расчётам 2009 г. составит 12 млн р. при годовой производительности ООО «Челно-Вершинский комбинат строительных материалов» 20 млн шт. кирпича. Наряду с этим утилизация отходов производства минеральной ваты способствует улучшению экологической обстановки в Самарской области. По разработанной технологии получен патент (патент РФ № 2354626; 2009) [9].

7.7.2. Повышение эффективности сушильных процессов кирпича

На большинстве российских заводов по производству кирпича не могут выпускать лицевой кирпич, так как технология этого изделия ориентирована на сырьё высокого качества, которое не во всех регионах имеется. В частности, в Воронежской области наблюдается некоторый дефицит высококачественного глинистого сырья для производства строительной керамики. В связи с этим возникает необходимость изыскания путей создания качественных изделий, в том числе и из высокочувствительного к сушке сырья.

В процессе производства огнеупорного кирпича одной из основных стадией является сушка сырца, в которой определяющим является диффузионный перенос влаги из высушиваемого сырца к материалу-посреднику, находящемуся, с одной стороны, в контакте с сырцом, а с другой — с конвективно движущимся теплоносителем. Такая схема влагопереноса позволяет более тонко управлять процессами тепло- и массопереноса, что предотвращает образование недопустимых влажностных градиентов и, соответственно, гарантирует образование высокого качества готовых изделий.

Управление процессом контактно-диффузионной сушки удаётся осуществлять прежде всего за счёт влагоёмкостных параметров посредника и параметров конвективной составляющей процесса, совокупность которых предопределяет направление и интенсивность суммарного влагопереноса. В связи с этим обоснованы следующие положения:

1. Научно обоснована возможность применения контактно-диффузионного способа сушки керамических изделий, в котором основной перенос влаги осуществляется путём диффузии из высушиваемого сырца к материалу-посреднику.

2. Доказано, что контактно-диффузионный способ сушки, более эффективен, чем конвективный. При этом способе сушки практически отсутствует поверхностное испарение влаги из сырца и не образуются недопустимые влажностные градиенты, приводящие к растрескиванию, воздушная усадка происходит равномерно по всему объёму изделия и может рассматриваться

как структурообразующий фактор в аспекте получения наиболее плотной и, соответственно, прочной структуры сырца.

3. Предложены критерии для выбора материалов-посредников; наиболее объективными из которых являются потенциал влагопереноса, обеспечивающий заданную скорость сушки и получение удельной изотермической влагоёмкости.

4. Доказано, что управление процессом контактно-диффузионной сушки, с целью получения качественных изделий, возможно осуществлять за счёт варьирования влагоёмкостными характеристиками материалов-посредников и параметров сушильного агента, совокупность которых определяет направление и интенсивность влагопереноса.

5. Доказано также, что материалы-посредники из пеношамотного и корундового легковесов и из ячеистого бетона-теплопора обеспечивают жёсткие (ускоренные) режимы сушки, но сами требуют мягких параметров высушивания. Цементный камень, цементоперлит и цементно-песчаный раствор высушивают глиняный сырец в замедленном режиме, но требуют для себя жёстких параметров сушильного агента. Их применение наиболее эффективно для крупногабаритных изделий и изделий сложной конфигурации.

6. Установлены безопасные в аспекте риска трещинообразования режимы контактно-диффузионной сушки. Для жёстких режимов оптимальными являются параметры теплоносителя с $t = 60,80$ °С, $\phi = 15,30$ % и $v = 0,37$ м/с. При этих режимах критическая влажность сырца достигается к 50–80 ч, что способствует уменьшению продолжительности процесса по сравнению с конвективной сушкой на 10–40 ч. Для мягких режимов наиболее благоприятными в плане снижения риска трещинообразования будут температура сушильного агента 80 °С, относительная влажность 15 % и скорость движения 0,37 м/с. В этом случае сырец высыхает до критической влажности за 80 ч, что позволяет сократить время сушки в сравнении с конвективным способом на 10 ч.

7. Предложена модель управления контактно-диффузионным способом сушки глиняного кирпича и доказана её адекватность [65].

8. Проведены опытно-промышленные испытания на кирпичном заводе ОАО «ВАСО» г. Воронеже по высушиванию керамического кирпича пластического формования, которые показали эффективность нового контактно-диффузионного способа сушки по сравнению с традиционным конвективным. В частности, было установлено, что предлагаемый способ высушивания способствует равномерной усадке изделий и позволяет повысить среднюю плотность черепка керамического кирпича на 3,5–5 %, увеличить прочность на 22,27 %, снизить водопоглощение черепка на 5,11 % и исключить образование трещин [57; 65].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеев, С. А. Промышленная экология: учеб. пособие / С. А. Агеев, И. П. Добровольский ; под ред. И. П. Добровольского. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2009. 297 с.
2. Алексеев, Ю. В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. Л. : Агропромиздат, 1987. 142 с.
3. Ахмедов, Р. Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Р. Б. Ахмедов. М. : О-во «Знание», 1988.
4. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа : Гилем, 2000. 671 с.
5. Бекман, Г. Тепловое аккумулирование энергии : пер. с англ. / Г. Бекман, П. Гилли. М. : Мир, 1987. 272 с.
6. Бобылев, С. Н. Гармонизация экономического развития и устойчивого использования природных ресурсов [Электронный ресурс] / С. Н. Бобылев // Устойчивое природопользование: постановка проблемы и региональный опыт / под ред. В. М. Захарова. М., 2010. С. 7–48. URL: http://www.sustainabledevelopment.ru/upload/File/Books_2010/Ustoychivoe_prirodopolzovanie.pdf
7. Бубнов, А. А. Природоохранная технология обезвреживания шламохранилища г. Карабаша / А. А. Бубнов, А. И. Вейс, Н. А. Леонтьева и др. // Промышленная экология : сб. тез. докл. Челябинск, 2000. С. 34–36.
8. Вайнштейн, И. А. Очистка и использование сточных вод травильных отделений / И. А. Вайнштейн. М. : Metallurgia, 1986. 109 с.
9. Вдовина, Е. В. Исследование механизма формирования глазури в процессе обжига глазурованного кирпича на основе бейделлитовой глины и отходов производства минеральной ваты / Е. В. Вдовина // Стр-во и архитектура. 2011. № 1 (21). С. 40–47.
10. Вержинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. М. : Форум : Инфра, 2007. 400 с.
11. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушин. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Metallurgia, 2000. 768 с.

12. Гареев, Р. Р. Получение огнеупорных бетонов на основе белито-периклазовых композиций / Р. Р. Гареев, А. С. Королёв, М. Х. Шаимов, Б. Я. Трофимов // Новые огнеупоры. 2007. № 1. С. 25–27.

13. Гарипова, С. А. Очистка сточных вод гальванического производства от тяжёлых металлов / С. А. Гарипова // Экология производства. 2011. № 10. 97 с.

14. Глаголева, О. Ф. Технология переработка нефти. Первичная переработка / О. Ф. Глаголева, В. М. Капустина. М. : Юнити, 2006. 384 с.

15. Горлов, Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов : учеб. для вузов / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. М. : Стройиздат, 1980. 399 с.

16. Данилов, А. М. Присадки к топливам. Разработка и применение в 1996–2000 гг. / А. М. Данилов // Химия и технология топлив и масел. 2002. № 6. С. 43–50.

17. Добровольский, И. П. Переработка промышленных отходов Челябинской области / И. П. Добровольский, И. Я. Чернявский, А. Н. Абызов, Ю. Е. Козлов ; под общ. ред. И. П. Добровольского, И. Я. Чернявского. Челябинск, 2000. 256 с.

18. Добровольский, И. П. Пигменты и наполнители из новых видов сырья и отходов производства / И. П. Добровольский, А. А. Дробышев, В. Ю. Первушин, С. А. Сюткин. Челябинск, 2001. 112 с.

19. Добровольский, И. П. Продукты техногенеза и плодородие земель Челябинской области / И. П. Добровольский, В. А. Бакунин, Н. Т. Шеремет. Челябинск, 2000. 78 с.

20. Добровольский, И. П. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учеб. пособие / И. П. Добровольский, Н. А. Плохих, Н. Т. Шеремет ; под ред. И. П. Добровольского. Челябинск : Челяб. гос. ун-т, 2007. 336 с.

21. Добровольский, И. П. Технологии переработки отходов : учеб. пособие / И. П. Добровольский, Н. А. Плохих. Челябинск : Челяб. гос. ун-т, 2005. 219 с.

22. Добровольский, И. П. Экологическая безопасность / И. П. Добровольский, О. В. Васильев, Н. Т. Шеремет. Челябинск, 2009. 281 с.

23. Дьяконов, К. Н. Экологическое проектирование и экспертиза / К. Н. Дьяконов, А. В. Дончева. М. : Акспект Пресс, 2002. 384 с.
24. Емельянов, А. Г. Основы природопользования : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А. Г. Емельянов. М. : Академия, 2006. 304 с.
25. Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: свойства, получение, применение / А. К. Запольский, А. А. Баран. Л. : Химия, 1987. 208 с.
26. Инженерная экология и экологический менеджмент / под ред. Н. И. Иванова, И. Ф. Фадына. М. : Логос, 2002. 528 с.
27. Использование отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности : сб. науч. ст. Челябинск : Тираж-сервис, 2004. 164 с.
28. Каррер, П. Курс органической химии / П. Каррер ; пер. с нем. под ред. М. Н. Колосова. Л. : Химия, 1962. 1216 с.
29. Киреева, Н. А. Микробиологические процессы в нефтезатраченных почвах Н. А. Киреева. Уфа : БашГУ, 1994. 172 с.
30. Кириллов, Ю. А. Влияние структуры и свойств окалины на качество поверхности при горячей обработке металла давлением / Ю. А. Кириллов, Л. Х. Дмитриев, Э. Ю. Колпишон, В. В. Лебедев // Металловедение и терм. обработка металла. 2000. № 7. С. 36–38.
31. Козаченко, А. П. Научные основы мониторинга, охраны и рекультивации земель / А. П. Козаченко, О. Р. Камеристова, И. П. Добровольский, А. Ю. Даванков. Челябинск, 2000. 247 с.
32. Колокольников, В. С. Производство цемента / В. С. Колокольников. М. : Высш. шк., 1967. 548 с.
33. Копейкин, В. А. Материалы на основе металофосфатов / В. А. Копейкин, А. П. Петрова, И. Л. Рашкован. М. : Химия, 1976. 200 с.
34. Краткая химическая энциклопедия / под ред. И. Л. Кнуняца. М. : Совет. энцикл., 1961–1967. 396 с.
35. Кудрявский, Ю. П. Разработка и обоснование новой концепции технологических процессов обезвреживания и утилизации хлоридных отходов титано-магниевого производства (с получением синтетического карналлита) [Электронный ресурс] / Ю. П. Кудрявский, А. В. Голев, С. А. Чёрный // Современ. науко-

ёмкие технологии. 2009. № 10. С. 31–36. URL: http://www.rae.ru/snt/?article_id=5564&op=show_article§ion=content

36. Мазур, И. И. Инженерная экология : общ. курс / И. И. Мазур, О.И. Молдаванов, В. Н. Шишов ; под ред. И. И. Мазура. М. : Высш. шк., 1996. 655 с.

37. Малышкин, М. Многоступенчатая биоочистка / М. Малышкин, М. Пашкевич // Технадзор. 2010. № 10. С. 56.

38. Медведева, О. Е. Проблемы устойчивого землепользования в России / О. Е. Медведева. М. : Ин-т устойчивого развития : Центр экол. политики России, 2009. 104 с.

39. Мингазимов, Н. С. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов / Н. С. Мингазимов, В. А. Расцветалов, Х. Н. Зайнулин. Уфа : Экология, 1999. 300 с.

40. Мовчан, В. П. Промышленные испытания технологии производства железорудных окатышей с добавлением замасленной окалины прокатных цехов / В. П. Мовчан, Н. Д. Ванюкова, Д. А. Ковалёв // Гор. журн. 2001. № 9. С. 68–70.

41. Назаров, В. Д. Водоснабжение в нефтепереработке : учеб. пособие / В. Д. Назаров, Л. М. Гурвич, А. А. Русакович. Уфа : Виртуал, 2003. 508 с.

42. Об областной целевой программе «Чистая вода» на территории Челябинской области на 2010–2020 годы : постановление губернатора Челяб. обл. от 17 сент. 2009 г. № 217-П.

43. Об областной целевой программе восстановления оросительных систем и гидротехнических сооружений на 2001–2005 годы (вместе с «Областной целевой программой восстановления оросительных систем и гидротехнических сооружений на 2001–2005 годы») : постановление Законодательного собрания Челябинской области от 27 апр. 2000 г. № 849.

44. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году : гос. докл. М. : Центр междунар. проектов, 2008. 504 с.

45. О состоянии окружающей среды Челябинской области в 2009 году : комплекс. докл. Челябинск, 2012. 183 с.

46. Ощепков, Б. В. Производство цветных металлов : учеб. пособие / Б. В. Ощепков, К. А. Осминин, О. И. Качурина. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2000. 95 с.

47. Позин, М. Е. Технология минерального сырья / М. Е. Позин. Л. : Химия, 1961. 1008 с.
48. Природно-ресурсный бюллетень. Челябинск : Эконт, 2007. 498 с.
49. Рэуце, К. Борьба с загрязнениями почв / К. Рэуце, С. Кырстя. М. : Агропромиздат, 1986. 221 с.
50. Системы управления окружающей средой: общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования : ГОСТ Р ИСО 14004-98 (утв. постановлением Госстандарта РФ 21.10.98 № 378).
51. Современное состояние стройиндустрии Челябинской области. Проблемы, решения : сб. науч. ст. Челябинск, 2006. 123 с.
52. Состояние, перспективы, проблемы развития и освоение минерально-сырьевой базы Южного Урала для нужд строительного комплекса : сб. науч. ст. обл. науч.-практич. конф. Челябинск : Цицеро, 2008. 144 с.
53. Стратегия социально-экономического развития Уральского федерального округа на период до 2020 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 окт. 2011 г. № 1757-Р.
54. Стрелов, К. К. Технология огнеупоров : учеб. для технологов / К. К. Стрелов, И. Д. Кащеев, П. С. Мамыкин. М. : Металлургия, 1988. 528 с.
55. Сулименко, Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе : учеб. для вузов / Л. М. Сулименко. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 2005. 334 с.
56. Сычѐв, М. М. Неорганические клеи / М. М. Сычѐв. Л. : Химия, 1986. 153 с.
57. Усачѐв, А. М. Управление процессом сушки керамических изделий при контактно-диффузионном способе / А. М. Усачѐв, Е. И. Шмитько // Строит. материалы. 2006. № 6. С. 26–29.
58. Устойчивое природопользование: постановка проблемы и региональный опыт / под ред. В. М. Захарова. М. : Ин-т устойчивого развития ; Центр экол. политики России, 2010. 192 с.
59. Утилизация твёрдых отходов : в 2 т. / под ред. Д. Вильсона. М. : Стройиздат, 1985.
60. Уткин, Н. И. Производство цветных металлов / Н. И. Уткин. М. : Интермент Инженеринг, 2000. 442 с.

61. Фатеев, Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки / Е. М. Фатеев. М. : ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. 544 с.
62. Фелленберг, Г. Введение в экологическую химию : пер. с нем. / Г. Фелленберг. М. : Мир, 1997. 396 с.
63. Харлампович, Г. Д. Технология коксохимического производства / Г. Д. Харлампович, А. А. Кауфман. М. : Metallургия, 1995. 384 с.
64. Челищев, Н. Ф. Цеолиты — новый тип минерального сырья / Н. Ф. Челищев, Б. Г. Бернштейн, В. И. Володин. М. : Недра, 1987. 169 с.
65. Шमितько, Е. И. Новый способ повышения эффективности процессов сушки керамических изделий / Е. И. Шमितько, А. А. Суслов, А. М. Усачёв // Строит. материалы. 2006. № 5. С. 20–22.
66. Экологическая безопасность автомобильного транспорта / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тагисов, В. И. Сарбаев. М. : Научтехлитиздат, 1999. 208 с.
67. Экология, охрана природы, экологическая безопасность / под ред. А. Н. Никитина, С. А. Степанова. М. : МНЭПУ, 2000. 640 с.
68. Юфит, С. С. Яды вокруг нас / С. С. Юфит. М., 2003. 213 с.
69. Якименко, О. С. Углегуминовые препараты и их влияние на свойства почвы в модельном эксперименте / О. С. Якименко, Я. М. Амосова, Л. К. Садовников // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. 1997. С. 15–19.

Научное издание

КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

БАРХАТОВ Виктор Иванович,
ДОБРОВОЛЬСКИЙ Иван Поликарпович,
КАПКАЕВ Юнер Шамильевич

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Монография

Часть 1

Редактор М. В. Трифонова
Вёрстка М. В. Трифоновой

Подписано в печать 08.04.15.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 17,0.
Тираж 100 экз. Заказ 14

ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»
454001 Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129

Издательство Челябинского государственного университета
454021 Челябинск, ул. Молодогвардейцев, 57б