ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
СПРАВОЧНИК
ПО НАИЛУЧШИМ
ДОСТУПНЫМ
ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС
37 –
2017

ДОБЫЧА И ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ

Москва
Бюро НДТ
2017

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение IV
Предисловие VI
Область применения 1
Раздел 1. Общая информация о добыче и обогащении угля 2
1.1 Добыча угля 2
1.1.1 Виды продукции 2
1.1.2 Запасы и ресурсы 4
1.1.3 Добыча и потребление угля 6
1.1.4 Угледобывающие предприятия России 8
1.2 Обогащение угля 25
1.2.1 Виды продукции и основные технологии 25
1.2.2 Объемы обогащения угля 25
1.2.3 Углеобогатительные предприятия России 26
1.3 Основные экологические проблемы добычи и обогащения угля 33
Раздел 2. Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при добыче угля и обогащении угля 36
2.1 Добыча подземным способом 36
2.1.1 Проведение горных выработок и разрушение горной породы (буровые работы) 51
2.1.2 Подъемно-транспортные работы 56
2.1.3 Транспортировка горной массы 66
2.1.4 Складирование угля и отходов производства 67
2.1.5 Контроль качества угля) 67
2.1.6 Вентиляция и дегазация 68
2.1.7 Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение 71
2.1.8 Природоохранные технологии 72
2.2 Добыча открытым способом 87
2.2.1 Подготовка горных пород к выемке 106
2.2.2 Выемочно-погрузочные работы (экскавация) 109
2.2.3 Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) 112
2.2.4 Складирование и отгрузка угля 115
2.2.5 Контроль качества угля 117
2.2.6 Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение 117
2.2.7 Природоохранные технологии 118
2.3 Обогащение угля 133
2.3.1 Прием угля 149
2.3.2 Подготовительные процессы 150
2.3.3 Гравитационное обогащение 156
2.3.4 Флотация 164
2.3.5 Специальные методы обогащения 167
2.3.6 Обезвоживание 171
2.3.7 Брикетирование угля 173

2.3.8 Складирование угля и отходов производства ... 174
2.3.9 Контроль качества угля ... 174
2.3.10 Природоохранные технологии (направление на ограничение воздействия на окружающую среду) ... 175
Раздел 3. Текущие уровни эмиссии и потребления ... 183
3.1 Критерии определения маркерных веществ ... 183
3.2 Добыча угля подземным способом ... 184
3.2.1 Материальный и энергетический баланс ... 184
3.2.2 Характеристика эмиссий ... 184
3.3 Добыча угля открытым способом ... 198
3.3.1 Материальный и энергетический баланс ... 198
3.3.2 Характеристика эмиссий ... 199
3.4 Обогащение угля ... 217
3.4.1 Материальный и энергетический баланс ... 217
3.4.2 Характеристика эмиссий ... 218
Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий ... 225
Раздел 5. Наилучшие доступные технологии ... 232
5.1 НДТ организационного характера ... 232
5.2 НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух ... 233
5.3 НДТ в области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы ... 238
5.4 НДТ в области минимизации негативного воздействия отходов ... 242
5.5 НДТ в области рекультивации земель ... 244
5.6 НДТ в области минимизации негативного воздействия физических факторов ... 246
Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий ... 246
Раздел 7. Перспективные технологии ... 258
Заключительные положения и рекомендации ... 266
Приложение А (справочное) Коды ОКВЭД и ОКПД, соответствующие области применения настоящего справочника НДТ ... 271
Приложение Б (обязательное) Перечень маркерных веществ ... 274
Приложение В (обязательное) Перечень технологических показателей ... 275
Приложение Г (обязательное) Перечень НДТ ... 276
Приложение Д (обязательное) Энергоэффективность ... 277
Приложение Е (справочное) Технологическое оборудование ... 279
Библиография ... 289

Введение

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Добыча и обогащение угля» (далее — справочник НДТ) разработан на основании анализа распространенных в Российской Федерации и перспективных технологий и оборудования с учетом климатических, экономических и социальных особенностей Российской Федерации.

Термин «наилучшие доступные технологии» (НДТ) определен в статье 1 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Согласно данному Федеральному закону НДТ — это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

Структура настоящего справочника НДТ соответствует ГОСТ Р 56828.14—2016 [1], формат описания технологий — ГОСТ Р 56828.13—2016 [2], термины приведены в соответствии с ГОСТ Р 56828.15—2016 [3].

Краткое содержание справочника

Введение. Во введении представлен обзор законодательных документов, использованных при его разработке, а также краткое содержание справочника НДТ.

Предисловие. В предисловии указана цель разработки настоящего справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, процедура создания согласно установленному порядку, а также порядок его применения.

Область применения. В разделе указаны основные виды экономической деятельности и виды продукции, на которые распространяется действие справочника НДТ.

Раздел 1. В разделе 1 представлена общая информация о добыче и обогащении угля, в том числе: основные виды угля и продукты его обогащения; структура запасов, ресурсов, добычи и потребления угля; информация о предприятиях по добыче и обогащению угля; описание основных экологических проблем отрасли и ее социальной роли.

Раздел 2. В разделе 2 представлена информация о технологических процессах, используемых в настоящее время при добыче и обогащении угля, в том числе:

- схемы технологических процессов добычи угля подземным способом, добычи угля открытым способом и обогащения угля (с указанием основных этапов процессов);
- таблицы, отражающие основные этапы добычи угля подземным способом, добычи угля открытым способом и обогащения угля (с указанием входных и выходных материальных потоков, основного технологического оборудования, а также эмиссий);
- таблицы, отражающие основное оборудование для добычи угля подземным способом, добычи угля открытым способом и обогащения угля (с указанием назначения и технологических характеристик оборудования);
- таблицы, отражающие природоохранное оборудование, применяемое для добычи угля подземным способом, добычи угля открытым способом и обогащения угля (с указанием назначения и технологических характеристик оборудования);
- подробное описание технологических процессов по выделенным этапам.

Раздел 3. В разделе 3 представлена информация о текущих уровнях эмиссии в окружающую среду, в том числе:

- таблицы по материальному и энергетическому балансу добычи угля подземным способом, добычи угля открытым способом и обогащению угля;
- таблицы по эмиссиям в окружающую среду (выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, сбросам загрязняющих веществ в водные объекты и отходам производства и потребления) при добыче угля подземным способом, добыче угля открытым способом и обогащении угля;
- анализ данных по эмиссиям загрязняющих веществ;
- определение маркерных веществ по добыче угля подземным способом, добыче угля открытым способом и обогащению угля.

Раздел 4. В разделе 4 представлена схема определения НДТ, описание данной схемы, а также описание руководящих принципов определения НДТ и специфических особенностей добычи и обогащения угля, которые осложняют определение НДТ согласно данным принципам.

Раздел 5. В разделе 5 представлен перечень НДТ по добыче и обогащению угля, а также описание этих НДТ, в том числе применяемого при их использовании технологического оборудования и преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ.

Раздел 6. В разделе 6 представлены: анализ основных положительных экономических эффектов от внедрения НДТ по добыче и обогащению угля; оценка перспектив снижения энергоемкости под влиянием внедрения данных НДТ; таблица, включающая оценку капитальных и эксплуатационных затрат, связанных с внедрением той или иной НДТ.

Раздел 7. В разделе 7 представлен перечень перспективных технологий по добыче и обогащению угля, а также описание этих технологий, в том числе их ограничения и недостатки, не позволяющие применять данные технологии в качестве НДТ.

Заключительные положения и рекомендации. В разделе приведены сведения о членах технической рабочей группы, принимавших участие в разработке справочника НДТ, а также рекомендации предприятиям по дальнейшим исследованиям экологических аспектов добычи и обогащения угля.

Библиография. Приведен перечень источников информации, использованных при разработке справочника НДТ.

Предисловие

Целью разработки настоящего справочника НДТ является утверждение сведений об НДТ, применяемых при добыче и обогащении угля.

Согласно Федеральному закону от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [4] применение наилучших доступных технологий направлено на комплексное предотвращение и (или) минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

1 Статус документа

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации, содержащим описание применяемых в настоящее время НДТ и перспективных технологий в сфере добычи и обогащения угля.

2 Информация о разработчиках

Настоящий справочник НДТ разработан технической рабочей группой «Добыча и обогащение угля» (ТРГ 37), состав которой утвержден приказом Росстандарта от 29 июня 2016 г. № 811 «О создании технической рабочей группы „Добыча и обогащение угля“» [5].

Перечень организаций и их представителей, принимавших участие в разработке настоящего справочника НДТ, приведен в разделе «Заключительные положения и рекомендации».

Справочник НДТ будет представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее — Бюро НДТ) (gost.e-ecolog.ru

3 Краткая характеристика

Настоящий справочник НДТ содержит описание применяемых при добыче и обогащении угля технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, потребление ресурсов и энергии. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов определены решения, являющиеся НДТ. На предприятиях угольной промышленности перечень реализованных НДТ будет отличаться в зависимости от геолого-географических условий расположения и применяемых технологий. Настоящий справочник НДТ рекомендован предприятиям угольной промышленности для подготовки программ внедрения НДТ, государственным органам для принятия решений о государственном софинансировании инвестиционных проектов (проектов модернизации).

Методология НДТ была внесена в федеральное законодательство изменениями в Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [4], утвержденными Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ [6].

Комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы НДТ и внедрение современных технологий, был утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 № 398-р [7].

Перечень справочников НДТ был определен распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р [8].

4 Взаимосвязь с международными и региональными аналогами

Настоящий справочник НДТ разработан на основе результатов анализа отрасли в Российской Федерации и с учетом материалов справочника Европейского союза по наилучшим доступным технологиям по обращению с отходами и пустыми породами горнодобывающей промышленности

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при добыче и обогащении угля в Российской Федерации, собрана в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 г. № 863.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Настоящий справочник НДТ является «вертикальным» — в нем указаны НДТ и сопутствующая информация исключительно по видам деятельности по добыче и обогащению угля. Положения справочника НДТ сформулированы с учетом положений «горизонтального» информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 16—2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы», который определяет основные аспекты НДТ по добыче полезных ископаемых в целом.

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 15 декабря 2017 г. № 2841 и введен в действие с 1 июня 2018 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ДОБЫЧА И ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ

Coal mining and preparation

Дата введения — 2018-06-01

Область применения

Настоящий справочник НДТ распространяется на следующие основные виды деятельности:

- добычу угля, включая добычу каменного угля, антрацита и бурого угля (лигнита);

- обогащение угля (как отдельный производственный процесс).

Также данный справочник НДТ распространяется на дополнительные виды деятельности, являющиеся неотъемлемой частью технологического процесса и/или целью которых является подготовка угля к реализации (виды работ для получения продукции, пригодной для сбыта):

- хранение, перевалка и транспортировка угля в границах территории промышленной площадки добывающего и (или) перерабатывающего предприятия;

- дробление, очистка, сушка, брикетирование, сортировка и прочие подготовительные и сопутствующие операции на этапах добычи и обогащения угля.

Перечисленные виды работ обычно выполняются хозяйствующими субъектами, которые сами занимаются добычей угля и/или расположены в районе добычи. Некоторые технологические процессы могут также осуществляться специализированными предприятиями по заказу третьих сторон в качестве производственных услуг.

В приложении А приведены соответствующие области применения коды ОКВЭД 2 [9] и ОКПД 2 [10].

Данный справочник НДТ также распространяется на процессы и методы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий и (или) масштабы загрязнения окружающей среды:

- методы предотвращения и сокращения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и образования отходов;

- хранение и транспортировка в границах территории промышленной площадки добывающего и (или) перерабатывающего предприятия пустой породы и хвостов обогащения.

Дополнительные виды деятельности при добыче и обогащении угля и соответствующие им справочники НДТ (названия справочников НДТ даны в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 года № 2178-р [8]) приведены в таблице ниже.

Вид деятельности	Соответствующий справочник НДТ
Методы очистки сточных вод, направленные на сокращение сбросов металлов в водные объекты	ИТС 8—2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Промышленные системы охлаждения (например, градирни, пластинчатые теплообменники)	ИТС 20—2016 «Промышленные системы охлаждения»
Хранение и обработка материалов	ИТС 46—2017 «Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)»
Обращение с отходами	ИТС 15—2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)»
Выработка пара и электроэнергии на тепловых станциях	ИТС 38—2017 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии»
Повышение энергетической эффективности	ИТС 48—2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности»
Общие процессы и методы горнодобывающей деятельности	ИТС 16—2017 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы»

Раздел 1. Общая информация о добыче и обогащении угля

1.1 Добыча угля

1.1.1 Виды продукции

Уголь представляет собой горючую осадочную породу, которая состоит преимущественно из углерода с содержанием минеральных примесей (силикаты, карбонаты, сульфиды и т. д.) [11] и других химических элементов (водород, кислород, азот и др.). Ископаемый уголь может быть экономически выгодно использован или в качестве энергетического топлива, или в качестве одного из видов технологического сырья.

В зависимости от значений показателя отражения витринита, теплоты сгорания (на влажное беззольное состояние) и выхода летучих веществ (на сухое беззольное состояние) выделяют три вида угля [12]:

- бурый уголь;
- каменный уголь;
- антрацит.

Данные виды угля различаются и по степени метаморфизма. Бурый уголь характеризуется низкой стадией метаморфизма, низким содержанием углерода и низкой теплотой сгорания. Каменный уголь характеризуется средней стадией метаморфизма, средним содержанием углерода и более высокой теплотой сгорания. Максимальной стадией метаморфизма и содержанием углерода отличается антрацит. В зависимости от ряда параметров угли подразделяют на технологические марки (см. таблицу 1).

Таблица 1 — Технологические марки угля

Вид угля	Наименование марки	Обозначение марки
Бурый	Бурый	Б
Каменный	Длиннопламенный	Д
	Длиннопламенный газовый	ДГ
	Газовый	Г
	Газовый жирный отощенный	ГЖО
	Газовый жирный	ГЖ
	Жирный	Ж
	Коксовый жирный	КЖ
	Коксовый	К
	Коксовый отощенный	КО
	Коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный	КСН
	Коксовый слабоспекающийся	КС
	Отощенный спекающийся	ОС
	Тощий спекающийся	ТС
	Слабоспекающийся	СС
	Тощий	Т
Антрацит	Антрацит	А

Для слоевого коксования могут применяться угли следующих марок: К, КЖ, Ж, ГЖ, ОС, Г, КС, КСН, ДГ, ТС, СС. В качестве энергетического топлива широко используются угли марок Д, ДГ, Г, СС, Т, Б, А.

Для различных углехимических процессов могут использоваться угли различных марок: угли марки Г подходят для газификации, марки Б — для выделения гуминовых веществ, марок Д, ДГ, Г, ГЖ — для производства синтетического жидкого топлива, марки А — для производства карбида кремния и карбида алюминия [11]. Антрацит (марка А) может также применяться в определенных технологических процессах металлургических предприятий и для производства электродов.

В зависимости от размеров кусков, получаемых при добыче, каменный уголь делится на ряд классов (см. таблицу 2).

Таблица 2 — Классы крупности угля [13]

Класс крупности		Размер кусков, мм
П	Плитный	100–200 (300)
К	Крупный	50–100
О	Орех	25–50
М	Мелкий	13–25
С	Семечко	6–13
Ш	Штыб	0–6
Р	Рядовой	0–200 (300)

Одной из важнейших характеристик угля как энергетического топлива является удельная теплота сгорания (измеряется в джоулях на килограмм). Значение данного

показателя изменяется в широких пределах и зависит как от свойств и состава органической массы, так и от зольности и влажности углей. Различают высшую и низшую удельную теплоту сгорания [11]: первый показатель включает теплоту, выделяющуюся при конденсации образующихся в продуктах сгорания водяных паров.

Качество коксующихся углей зависит от множества показателей. Определение важнейших показателей для них осложняется тем, что угольная шихта для коксования формируется из углей различных марок, которые по-разному влияют на характеристики шихты. В качестве главного свойства коксующихся углей рассматривают их спекаемость, т. е. способность переходить в пластическое состояние. Для оценки спекаемости существует много различных методов, подавляющее большинство которых основано на определении различных параметров пластической массы (свободное вспучивание, пластометрический метод, дилатометрия по методу Адибера — Арну, метод Рога, метод Грей — Кинга и др.). В рамках одного из методов — пластометрического — рассматриваются такие показатели, как толщина пластического слоя, величина пластометрической усадки, виды пластометрической кривой [11].

При оценке содержания вредных минеральных примесей обычно рассчитывают содержание серы и зольность. Распространенным параметром также является влажность угля.

1.1.2 Запасы и ресурсы

Российская Федерация занимает второе место в мире по доказанным (подтвержденным) запасам угля (всего 157 млрд т, из них 107,9 млрд т бурого угля и 49,1 млрд т каменного угля), уступая США (237,3 млрд т) [14].

По состоянию на 1 января 2015 г. разведанные запасы угля составляют 195,4 млрд т (запасы категорий $A + B + C_1$) и 78,6 млрд т (запасы категории C_2). При этом большая часть запасов (146 млрд т, или 53,3 %) приходится на бурые угли, 119 млрд т, или 43,4 % приходится на каменные угли (среди них около 50 млрд т коксующихся марок углей), а оставшаяся часть приходится на антрациты (около 9 млрд т, или 3,3 %) [15].

На территории Российской Федерации расположено 22 угольных бассейна и 129 отдельных месторождений, а распределение угольных запасов является неравномерным (см. таблицу 3). Наибольшая часть запасов (более 80 %) сосредоточена в Сибири, в частности в Кемеровской области (121,2 млрд т, или 44,2 % от общего объема запасов).

Распределение запасов углей и их прогнозных ресурсов категории P_1 по угольным бассейнам РФ и по субъектам РФ приведено на рисунках 1 и 2 соответственно.

Таблица 3 — Разведанные запасы угля по основным бассейнам

Угольный бассейн	Вид угля	Субъекты РФ	Запасы категорий $A + B + C_1$, млрд т	Запасы категории C_2, млрд т
Канско-Ачинский	Бурый, каменный	Кемеровская область, Красноярский край	79,2	38,9
Кузнецкий	Каменный	Кемеровская область	53,7	14,5

Угольный бассейн	Вид угля	Субъекты РФ	Запасы категорий A + B + C_1, млрд т	Запасы категории C_2, млрд т
Иркутский	Каменный, бурый	Иркутская область	7,6	4,6
Печорский	Каменный	Республика Коми	7	0,5
Донецкий	Каменный	Ростовская область	6,5	3,2
Южно-Якутский	Каменный	Республика Саха (Якутия)	4,5	2,7
Минусинский	Каменный	Республика Хакасия	5,1	0,4



Рисунок 1 — Распределение запасов углей и их прогнозных ресурсов категории P_1 по угольным бассейнам РФ [15]



Рисунок 2 — Распределение запасов углей и их прогнозных ресурсов категории P_1 по субъектам РФ [15]

1.1.3 Добыча и потребление угля

В Российской Федерации за 2016 г. было добыто 385,7 млн т угля, из них 281,1 млн т (72,8 %) открытым способом [16]. Наибольшая доля при добыче угля приходится на Сибирский федеральный округ (85,0 % от общероссийской добычи), в том числе на Кемеровскую область (58,7 % от общероссийской добычи) и Красноярский край (10,0 % от общероссийской добычи) [17]. 10 крупнейших компаний обеспечивают более 70 % национальной добычи угля (см. таблицу 4).

Таблица 4 — Крупнейшие производители угля в России [18]

Наименование компании	Добыча угля, млн т		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.
АО «СУЭК»	98,9	97,8	105,5
ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	44,5	44,5	44,5
АО ХК «СДС-Уголь»	29,7	30,0	28,6
ОАО «Мечел-Майнинг»	23,2	23,2	23,2
Группа «ЕВРАЗ»	21,8	20,6	22,3
АО «Русский уголь»	13,6	14,4	13,6
ООО «Компания „Востсибуголь“»	12,1	13,0	13,1
ПАО «Кузбасская топливная компания»	10,6	11,0	11,7
ЗАО «Сибуглемет»	10,8	10,9	11,7
АО «Воркутауголь»	11,4	13,2	9,6

В 2015 г. объем потребления угля в РФ составил 197,5 млн т [1)]. К основным потребителям угля относятся:

- электростанции (114,2 млн т);
- коксохимические заводы (36 млн т);
- население (23,4 млн т).

Остальное потребление (23,9 млн т) обеспечивают металлургические и цементные заводы, ОАО «РЖД» и прочий бизнес [18]. Доля импорта в потреблении угля имеет тенденцию к снижению и в 2015 г. составила 11,6 %, что соответствует 22,9 млн т (в 2016 г. — 22,1 млн т [19]). Из них 22,1 млн т приходится на энергетический уголь, завезенный из Казахстана, и 763,4 тыс. т приходится на коксующийся уголь [20].

Экспорт российского угля в 2016 г. составил 164,6 млн т, по данным ЦДУ ТЭК, и 171 млн т, по данным Федеральной таможенной службы РФ (ФТС РФ). По данным ФТС РФ, из них 11 млн т было отправлено на экспорт в ближнее зарубежье, а 160 млн т — в дальнее зарубежье [19]. Отгрузка на экспорт преимущественно осуществляется через морские порты (около 70,3 % от общего объема по данным за 2015 г. [21]).

На рисунке 3 приведена структура экспорта угля по направлениям в 2016 г.

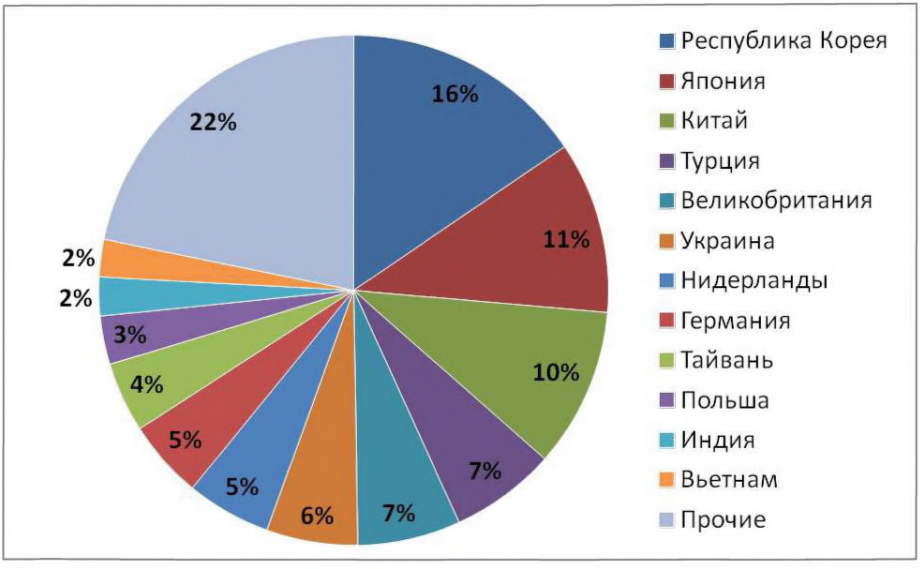

Рисунок 3 — Структура экспорта угля по направлениям в 2016 г., % [19]

В 2016 г. возрос экспорт российского угля по отношению к уровню 2015 г. в такие страны, как Республика Корея, Япония, Китай, Турция, Украина, Нидерланды, Тайвань, Польша, Индия, Вьетнам и т. д. Сокращение экспортных поставок наблюдалось в направлении Великобритании и Нидерландов [19].

[1)] С учетом импортных поставок.

1.1.4 Угледобывающие предприятия России

По данным Минэнерго России, по состоянию на 1 января 2016 г. добычу угля осуществляли 192 угольных предприятия, в том числе 71 угольная шахта и 121 разрез [22]. В то же время по данным угольных компаний и ФГУП «ЦДУ ТЭК» была собрана информация о 214 угледобывающих предприятиях (в том числе 63 шахтах и 151 разрезе), действующих по состоянию на 1 июня 2017 г. (см. таблицу 5).

Согласно собранным данным в период с 2000 г. в России было открыто или восстановлено 56 разрезов и 20 шахт, что составляет 37 % и 32 % от их общего количества. При этом 25 из 56 новых разрезов, а также 17 из 20 новых шахт были открыты в Кемеровской области.

Таблица 5 — Перечень угледобывающих предприятий России (по состоянию на 1 июня 2017 г.) [2)]

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
Подмосковный бассейн					
1.	р. Львовский	ООО «Мосбасуголь»	Тульская область	Н/д	Б
Архипелаг Шпицберген					
2.	ш. № 1–5 рудника «Баренцбург»	ФГУП «ГТ „Арктикуголь“»	Мурманская область (архипелаг Шпицберген)	1965	Г
Печорский бассейн					
3.	р. Юньягинский	АО «Воркутауголь» (ПАО «Северсталь»)	Республика Коми	2000	К
4.	ш. Воргашорская	АО «Воркутауголь» (ПАО «Северсталь»)	Республика Коми	1975	Ж
5.	ш. Воркутинская	АО «Воркутауголь» (ПАО «Северсталь»)	Республика Коми	1973	Ж
6.	ш. Заполярная	АО «Воркутауголь» (ПАО «Северсталь»)	Республика Коми	1949	Ж
7.	ш. Комсомольская	АО «Воркутауголь» (ПАО «Северсталь»)	Республика Коми	1977	Ж
8.	ш. Северная	АО «Воркутауголь» (ПАО «Северсталь»)	Республика Коми	1969	Ж
9.	ш. Интинская	ОАО «Шахта „Интауголь“»	Республика Коми	1965	Д
Донецкий бассейн					
10.	ш. Дальняя	АО «Донской антрацит»	Ростовская область	1943	А
11.	ш. Обуховская	АО «Ш/у Обуховская»	Ростовская область	1978	А
12.	ш. Садкинская	ООО «Ш/у Садкинское»	Ростовская область	1989	А

[2)] Составлено по данным ФГУП «ЦДУ ТЭК» и угольных компаний.

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
13.	ш. Шерловская-Наклонная	ОАО «Донуголь»	Ростовская область	2007	А
Южно-Уральский бассейн					
14.	р. Тюльганский	ОАО «Оренбургуголь»	Оренбургская область	1982	Б
15.	р. Коркинский	АО «Челябинская УК»	Челябинская область	1934	Б
Горловский бассейн					
16.	р. Восточный	ООО «УК „ВостокУголь“»	Новосибирская область	2016	А
17.	р. Горловский (в том числе Ургунский участок)	АО «Сибирский антрацит»	Новосибирская область	1975	А
18.	р. Колыванский (в том числе Северный и Крутихинский участки)	АО «Сибирский антрацит»	Новосибирская область	1993	А
Минусинский бассейн					
19.	УОГР Абаканский	ООО «СУЭК-Хакасия» (АО «СУЭК»)	Республика Хакасия	н/д	Д
20.	р. Восточно-Бейский	ООО «СУЭК-Хакасия» (АО «СУЭК»)	Республика Хакасия	1993	Д
21.	р. Изыхский	ООО «СУЭК-Хакасия» (АО «СУЭК»)	Республика Хакасия	1965	Д
22.	р. Черногорский	ООО «СУЭК-Хакасия» (АО «СУЭК»)	Республика Хакасия	1956	Д
23.	ш. Хакасская	ООО «СУЭК-Хакасия» (АО «СУЭК»)	Республика Хакасия	1957	Д
24.	р. Аршановский	ООО «Р. Аршановский»	Республика Хакасия	2014	Д
25.	р. Белоярский	ООО «Р. Белоярский»	Республика Хакасия	2014	Д
26.	р. Степной	АО «УК „Разрез Степной“» (АО «Русский уголь»)	Республика Хакасия	1993	Д
Канско-Ачинский бассейн					
27.	р. Березовский	АО «р. Березовский» (АО «СУЭК»)	Красноярский край	1975	Б
28.	р. Бородинский	АО «СУЭК-Красноярск» (АО «СУЭК»)	Красноярский край	1949	Б

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
29.	р. Назаровский	АО «р. Назаровский» (АО «СУЭК»)	Красноярский край	1951	Б
30.	р. Абанский (в том числе Тасеевский участок)	АО «Красноярскккрайуголь» (АО «Русский уголь»)	Красноярский край	1983	Б
31.	р. Переясловский	АО «Красноярскккрайуголь» (АО «Русский уголь»)	Красноярский край	1983	Б
32.	р. Саяно-Партизанский	ООО «Р. Саяно-Партизанский» (АО «Русский уголь»)	Красноярский край	1991	ДГ
33.	р. Ирбейский	ООО «Компания „Востсибуголь“»	Красноярский край	2000	Б
34.	р. Большесырский (Балахтинский)	ООО «Сибуголь»	Красноярский край	2008	Б
35.	р. Канский	АО «Р. Канский»	Красноярский край	1994	Б
36.	р. Сереульский	АО «Р. Сереульский»	Красноярский край	н/д	Б
37.	р. Степановский	ООО «Р. Степановский»	Красноярский край	2010	Б
38.	р. Азейский (Тулунуголь)	ООО «Компания „Востсибуголь“»	Иркутская область	1969	Б
39.	р. Мугунский (Тулунуголь)	ООО «Компания „Востсибуголь““»	Иркутская область	1990	Б
40.	р. Шиткинский	ООО «Шиткинский разрез»	Иркутская область	1994	Б
Тунгусский бассейн					
41.	р. Жеронский (Вереинский)	ООО «Компания „Востсибуголь“»	Иркутская область	2003	Д
42.	р. Кайерканский № 2	ПАО «ГМК „Норильский Никель“»	Красноярский край	1965	СС
43.	р. Кокуйский	АО «Полюс»	Красноярский край	2005	Д
Улуг-Хемский бассейн					
44.	р. Чаданский	ООО «Тувинская ГРК»	Республика Тыва	1964	ГЖ
45.	р. Каа-Хемский	ООО «Тувинская ГРК»	Республика Тыва	1970	Г
46.	ш. Межегейуголь	ООО «Угольная компания „Межегейуголь“»	Республика Тыва	2015	Ж
Иркутский (Черемховский) бассейн					

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
47.	р. Головинский	ООО «Компания „Востсибуголь“»/ ООО «Ольхон»	Иркутская область	2007	Д
48.	р. Черемховский	ООО «Компания „Востсибуголь“»	Иркутская область	1955	Д
49.	р. Глинкинский	ООО «Глинки»	Иркутская область	Н/д	Д
50.	р. Каратаевский	ООО «Каратаевский карьер»	Иркутская область	Н/д	ДГ
51.	р. Лужковский (Аларский)	ОАО «Востсибэнергоуголь»	Иркутская область	Н/д	Д
52.	р. Раздолье	ООО «Ресурспромснаб»	Иркутская область	2008	Д, ДГ, Г
53.	р. Тарасовский	ООО «Тарасовский уголь»	Иркутская область	2012	Д
54.	р. Харанутский	ЗАО «Харанутская угольная компания»	Иркутская область	Н/д	Н/д
Месторождения Бурятии и Забайкалья					
55.	р. Гусиноозерский (участки Хольбоджинский, Баин-Зурхе)	ООО «Бурятская горнорудная компания»	Республика Бурятия	2006	Б
56.	р. Дабан-Горхонский	ООО «ВСГК»	Республика Бурятия	1981	Б
57.	р. Загустайский	ООО «ВСГК»	Республика Бурятия	2001	Б
58.	р. Окино-Ключевский	ООО «Угольный разрез» / ООО «Угольная компания Бурятии»	Республика Бурятия	1988	Б
59.	р. Харанорский	АО «Р. Харанорский» (АО «СУЭК»)	Забайкальский край	1970	Б
60.	р. Апсатский	ООО «Арктические разработки» (АО «СУЭК»)	Забайкальский край	2012	Ж, ГЖ
61.	р. Букачачинский	ООО «ЗУЭК»	Забайкальский край	2007	Д
62.	р. Восточный (Татауровский)	ООО «Читауголь» (АО «СУЭК»)	Забайкальский край	1983	Б
63.	р. Зашуланский	ООО «ТД ГУГК Зашулан-Забайкалье»	Забайкальский край	2011	Б
64.	р. Кутинский	ООО «Р. Кутинский»	Забайкальский край	Н/д	Б
65.	р. Тигнинский	ООО «Р. Тигнинский»	Забайкальский край	2009	Б

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
66.	р. Тугнуйский	АО «Р. Тугнуйский» (АО «СУЭК»)	Забайкальский край	1989	Б
67.	р. Урейский	ОАО «Урейский угольный разрез»	Забайкальский край	2013	Б
68.	р/у Уртуйское	ПАО «Приаргунское ПГХО»	Забайкальский край	1993	Б
69.	р. Черновский	ООО «Забуголь»	Забайкальский край	Н/д	Б
Нижне-Зейский бассейн					
70.	р. Ерковецкий	АО «Амуруголь» (АО «Русский уголь»)	Амурская область	1991	Б
71.	р. Северо-Восточный	АО «Амуруголь» (АО «Русский уголь»)	Амурская область	1932	Б
Буреинский бассейн					
72.	УОГР Контактовый (Огоджинское мест.)	АО «Амуруголь» (АО «Русский уголь»)	Амурская область	1991	Д
73.	р. Буреинский	АО «Ургалуголь» (АО «СУЭК»)	Хабаровский край	2000	Г
74.	ш/у Ургальское (ш. Северная)	АО «Ургалуголь» (АО «СУЭК»)	Хабаровский край	1948	Г
Бикино-Уссурийский бассейн					
75.	р. Возновский	ЗАО «Уголь АСО-1»	Приморский край	2002	Б
76.	р. Лучегорский-1	АО «Лучегорский угольный разрез»	Приморский край	1973	Б
77.	р. Лучегорский-2	АО «Лучегорский угольный разрез»	Приморский край	1997	Б
78.	р. Нежинский (р/у Новошахтинское)	АО «Приморскуголь» (АО «СУЭК»)	Приморский край	1999	Б
79.	р. Павловский-2 (р/у Новошахтинское)	АО «Приморскуголь» (АО «СУЭК»)	Приморский край	1982	Б
80.	р. Северная Депрессия (р/у Новошахтинское)	АО «Приморскуголь» (АО «СУЭК»)	Приморский край	1995	Б
Раздольненский бассейн					
81.	УОГР Восток-2	АО «Ш/у Восточное» (АО «СУЭК»)	Приморский край	Н/д	Д

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
82.	УПГР Ш/у Восточное (УПГР Южный-3, Угольный)	АО «Ш/у Восточное» (АО «СУЭК»)	Приморский край	1994	Д
Южно-Якутский бассейн					
83.	р. Нерюнгринский	АО «ХК Якутуголь» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Республика Саха (Якутия)	1979	К
84.	р. Эльгинский	ООО «Эльгауголь» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Республика Саха (Якутия)	2011	Ж
85.	р. Денисовский-Восточный	АО «ГОК Денисовский» (ООО «УК „Колмар“»)	Республика Саха (Якутия)	2011	Ж
86.	ш. Денисовская-Центральная	АО «ГОК Денисовский» (ООО «УК „Колмар“»)	Республика Саха (Якутия)	2009	Ж
87.	УОГР Инаглинский-Северный	АО «ГОК Инаглинский» (ООО «УК „Колмар“»)	Республика Саха (Якутия)	2011	Ж
88.	УОГР Инаглинский-Западный	АО «ГОК Инаглинский» (ООО «УК „Колмар“»)	Республика Саха (Якутия)	2015	Ж
89.	УОГР Локучакитский	ООО «Долгучан»	Республика Саха (Якутия)	2011	Ж
90.	УОГР ООО «Эрчим-Тхан»	ООО «Эрчим-Тхан»	Республика Саха (Якутия)	Н/д	Ж, СС
91.	ш. Чульмаканская	ООО «Эрчим-Тхан»	Республика Саха (Якутия)	Н/д	Ж, СС
92.	р. Денисовский	ЗАО «Малые разрезы Нерюнгри»	Республика Саха (Якутия)	Н/д	К, КС, СС
93.	р. Кабактинский	ЗАО «Малые разрезы Нерюнгри»	Республика Саха (Якутия)	Н/д	К, КС, СС
Зырянский бассейн					

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
94.	р. Зырянский	АО «Зырянский угольный р.»	Республика Саха (Якутия)	Н/д	Ж
Ленский бассейн					
95.	р. Джебарики-Хая	АО «ХК Якутуголь» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Республика Саха (Якутия)	1972	Д
96.	р. Кангаласский	АО «ХК Якутуголь» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Республика Саха (Якутия)	1956	Б
97.	р. Кемпендяйский	ООО «Сунтарцеолит»	Республика Саха (Якутия)	1993	Б
98.	р. Кировский	ПАО «Кировский угольный р.»	Республика Саха (Якутия)	Н/д	Б
99.	р. Харбалахский	ОАО «Телен»	Республика Саха (Якутия)	1967	Д
100.	ш. Джебарики-Хая	АО «ХК Якутуголь»	Республика Саха (Якутия)	1985	Д
Сахалинский бассейн					
101.	р. Бошняковский	ООО «Р. Бошняковский»	Сахалинская область	1998	ДГ
102.	р. Крутоярский	ООО «Западная угольная компания»	Сахалинская область	1993	Б
103.	р. Лопатинский	ООО «Горняк-1»	Сахалинская область	1991	Б
104.	р. Мангидайский (Мгачи)	ООО «Мангидай»	Сахалинская область	Н/д	ДГ
105.	р. Никольский	ООО «Углегорскуголь»	Сахалинская область	1997	Б

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
106.	р. Никольский-2	ООО «Углегорскуголь»	Сахалинская область	2003	Б
107.	р. Солнцевский	ООО «Р. Солнцевский»	Сахалинская область	1983	Б
108.	р. Тихменевский-3	ООО «Центральная угольная компания»	Сахалинская область	Н/д	Б
109.	УОГР Шебунинский-Северный	ООО «Горняк-1»	Сахалинская область	Н/д	Б
110.	ш. Ударновская	ООО «Сахалинуголь-6»	Сахалинская область	1924	ДГ
Месторождения севера Дальнего Востока					
111.	р. Кадыкчанский (Тал-Юрях)	ООО «Колымская УК»	Магаданская область	1957	Д
112.	р. Мареканский	АО «Ургалуголь»	Хабаровский край	1999	Б
113.	р. на мест. Паланское	ООО «Палана-уголь»	Камчатский край	2007	Б
114.	р. на мест. Фандюшкинское поле	ООО «Берингопромуголь»	Чукотский АО	2016	Ж
115.	р. Перспективный	ОАО «Сусуманзолото»	Магаданская область	Н/д	Д
116.	ш. Угольная	ОАО «ш. Угольная»	Чукотский АО	1968	Б
Кузнецкий бассейн					
117.	р. Заречный	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	2003	ДГ
118.	р. Камышанский	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	2001	Д
119.	ш. им. 7 ноября	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	1931	Г

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
120.	ш. им. А. Д. Рубана	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	1999	Д
121.	ш. им. В. Д. Ялевского	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	2000	ДГ
122.	ш. им. С. М. Кирова	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	1935	Г, ГЖ
123.	ш. Комсомолец	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	1933	Г
124.	ш. Котинская	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	2004	ДГ
125.	ш. Полысаевская	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	1940	Г
126.	ш. Талдинская-Западная-1	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	1987	Д, ДГ
127.	ш. Талдинская-Западная-2	АО «СУЭК-Кузбасс» (АО «СУЭК»)	Кемеровская область	2001	Д
128.	р. Бачатский	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Кемеровская область	1949	КС, СС
129.	р. Калтанский	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Кемеровская область	1957	Т
130.	р. Кедровский	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Кемеровская область	1954	СС
131.	р. Краснобродский	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Кемеровская область	1947	Т, СС, КС, КО, ДГ
132.	р. Моховский	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Кемеровская область	1955	Д

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
133.	р. Талдинский	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Кемеровская область	1982	ГЖ, ДГ, Д, Г
134.	ш. Байкаимская	ООО «ш. Байкаимская» (ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»)	Кемеровская область	2003	Д
135.	разрезоуча-сток Бунгурский-Южный	ООО «Сибэнергоуголь» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	2001	А, Т
136.	р. Восточный	АО «Салек» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	2010	ДГ
137.	р. Киселевский	ООО «Р. Киселевский» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	1953	Д, ДГ, ГЖО, СС
138.	р. Первомайский	ООО «Ш/у Майское» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	2008	Д
139.	р. Прокопьевский	ЗАО «Прокопьевский угольный р.» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	1953	СС
140.	р. Черниговец	АО «Черниговец» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	1965	СС, КСН
141.	ш. Южная	АО «Черниговец» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	2009	КС
142.	ш. Листвяжная	ООО «Ш. Листвяжная» (АО ХК «СДС-Уголь»)	Кемеровская область	1956	Д
143.	ш. Абашевская	ОАО «ОУК „Южкузбассуголь“» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	1943	Ж
144.	ш. Алардинская	ОАО «ОУК „Южкузбассуголь“» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	1957	КС, ТС, Т
145.	ш. Ерунаковская-8	ОАО «ОУК „Южкузбассуголь“» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	2013	Ж, ГЖ, ГЖО

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
146.	ш. Есаульская	ОАО «ОУК „Южкузбассуголь“» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	1984	Ж, ГЖ, ГЖО
147.	ш. Осинниковская	ОАО «ОУК „Южкузбассуголь“» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	1932	К, КЖ
148.	ш. Усковская	ОАО «ОУК „Южкузбассуголь“» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	2002	ГЖ, ГЖО
149.	р. Распадский	ПАО «Распадская» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	2003	ГЖ, ГЖО
150.	ш. Распадская	ПАО «Распадская» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	1973	Ж, ГЖ
151.	ш. Распадская-Коксовая (бывш. Томусинская 5–6)	ПАО «Распадская» (ООО «ЕвразХолдинг»)	Кемеровская область	1962	К, КО
152.	р. Красногорский	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	1954	Т
153.	р. Ольжерасский	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	1980	К, КО, Т, ГЖ, ГЖОС
154.	р. Сибиргинский	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	1970	КС, Т
155.	р. Томусинский	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	1959	ОС
156.	ш. им. Ленина	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	1953	КО
157.	ш. Ольжерасская-Новая	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	2006	ГЖО
158.	ш. Сибиргинская	ПАО «УК „Южный Кузбасс“» (ООО «УК Мечел-Майнинг»)	Кемеровская область	2002	ОС

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
159.	ш. Заречная	ОАО «Ш. Заречная» (ООО «УК „Заречная“»)	Кемеровская область	1953	Г
160.	шахтоучасток Октябрьский	ОАО «Ш. Заречная» (ООО «УК „Заречная“»)	Кемеровская область	1951	Г
161.	ш. Алексиевская	ОАО «Ш. Алексиевская» (ООО «УК „Заречная“»)	Кемеровская область	1964	Д
162.	ш. Карагайлинская	ООО «Ш/у Карагайлинское» (ООО «УК „Заречная“»)	Кемеровская область	2014	Ж
163.	р. Березовский	ООО «Р. Березовский» (ЗАО «Стройсервис»)	Кемеровская область	Н/д	ОС, ТС, КС
164.	р. Барзасский	ООО «СП „Барзасское товарищество“» (ЗАО «Стройсервис»)	Кемеровская область	2006	КС
165.	р. Пермяковский	ООО «Р. Пермяковский» (ЗАО «Стройсервис»)	Кемеровская область	н/д	Д
166.	р. Шестаки	ОАО «Р. Шестаки» (ЗАО «Стройсервис»)	Кемеровская область	1969	КО, КСН, ГЖО, СС
167.	УОГР ш. № 12	ООО «Ш. № 12» (ЗАО «Стройсервис»)	Кемеровская область	н/д	К, ОС, КС, СС, ТС, Т
168.	ш. Березовская	АО «УК „Северный Кузбасс“»	Кемеровская область	1958	К
169.	ш. Первомайская	АО «УК „Северный Кузбасс“»	Кемеровская область	1975	К
170.	р. Глушинский	ООО «Ровер»	Кемеровская область	н/д	К, КС, КЖ, ОС
171.	р. Латышевский	ООО «Ровер»	Кемеровская область	н/д	н/д

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
172.	р. Щегловский	ООО «Ровер»	Кемеровская область	н/д	К, КС, КЖ, ОС
173.	р. Степановский	ООО «Р. Степановский»	Кемеровская область	2010	Т
174.	УОГР ООО «Энергия-НК»	ООО «Энергия-НК»	Кемеровская область	н/д	н/д
175.	ш. им. Дзержинского	ООО «Энергия-НК»	Кемеровская область	1935	К
176.	ш. Костромовская	ООО «ММК-Уголь»	Кемеровская область	2008	Ж
177.	ш. Чертинская-Коксовая	ООО «ММК-Уголь»	Кемеровская область	1952	Ж
178.	р. Брянский	ПАО «Кузбасская топливная компания»	Кемеровская область	2016	Д
179.	р. Виноградовский	ПАО «Кузбасская топливная компания»	Кемеровская область	2004	Д
180.	р. Караканский-Южный	ПАО «Кузбасская топливная компания»	Кемеровская область	2000	Д
181.	р. Черемшанский	ПАО «Кузбасская топливная компания»	Кемеровская область	2008	Д
182.	разрезоучасток ш. им. Вахрушева	ООО «Участок Коксовый» (ООО «УК «Промышленно-металлургический холдинг»)	Кемеровская область	Н/д	К, КО, КС, ОС
183.	ш. Бутовская	ООО «Ш. Бутовская» (ООО «УК "Промышленно-металлургический холдинг"»)	Кемеровская область	2013	К, КО, КС

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
184.	УОГР ш. Дальние горы	ОАО «Луговое» (группа компаний «ТалТЭК»)	Кемеровская область	2007	Д
185.	УОГР ш. Краснокаменская	ОАО «Поляны» (группа компаний «ТалТЭК»)	Кемеровская область	2006	Д
186.	р. Талдинский-Западный	ООО «Р. Талдинский-Западный» (АО «ТалТЭК»)	Кемеровская область	Н/д	Д
187.	р. им. Черемнова	ООО «Р. им. Черемнова» (АО «ТалТЭК»)	Кемеровская область	2010	Д
188.	ш. Грамотеинская	ООО «Ш. Грамотеинская»	Кемеровская область	1939	Д
189.	ш. Полосухинская	ОАО «Ш. Полосухинская»	Кемеровская область	1985	Ж, ГЖ
190.	р. Береговой	АО «УК Южная»	Кемеровская область	2012	Т
191.	р. Междуреченский	АО «Междуречье»	Кемеровская область	1964	КС, ОС, СС, Т
192.	ш. Антоновская	АО «Ш. Антоновская»	Кемеровская область	1998	ГЖ
193.	ш. Большевик	АО «Ш. Большевик»	Кемеровская область	1954	ГЖ, ГЖО
194.	ш. Увальная	АО «УК Сибирская»	Кемеровская область	2016	Г, ГЖ, Ж
195.	р. Бунгурский-Северный	ООО «Р. Бунгурский-Северный»	Кемеровская область	2005	Т
196.	р. Евтинский	ООО «Р. Евтинский Новый»	Кемеровская область	Н/д	Д

Продолжение таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
197.	р. Задубровский (в том числе бывш. р. Белорусский)	ООО «Р. Задубровский Новый»	Кемеровская область	1994	Д
198.	р. Кайчакский-1	ООО «Р. Кайчакский-1»	Кемеровская область	1986	Б
199.	р. Караканский-Западный	ЗАО «Ш. Беловская» / ООО «Каракан-Инвест»	Кемеровская область	2010	Д
200.	р. Кийзасский	ООО «Р. Кийзасский»	Кемеровская область	2014	Т, ТС
201.	р. Корчакольский	АО «Кузнецкинвестстрой»	Кемеровская область	2004	Т
202.	р. Краснобродский Южный	ООО «Р. Краснобродский Южный»	Кемеровская область	2011	Т
203.	р. Октябринский	АО «Р. Октябринский»	Кемеровская область	Н/д	СС
204.	р. Подгорный	ООО «Энергоуголь»	Кемеровская область	2011	Т
205.	р. Тайбинский (в том числе участок Акташский)	ООО «Инвест-Углесбыт»	Кемеровская область	2007	Г, ГЖО, СС, КСН, К, КС
206.	р. Тайлепский	ООО «Ш. Тайлепская»	Кемеровская область	2016	К, КС, Т
207.	р. Трудармейский-Южный	ООО «Р. Трудармейский-Южный»	Кемеровская область	2017	Д
208.	р. Котинский	ООО «УК „СибКоул“»	Кемеровская область	2010	ДГ
209.	ш. Анжерская-Южная	ООО «ОЭУ № 3 ш. Анжерская-Южная»	Кемеровская область	2004	К

Окончание таблицы 5

№	Предприятие	Компания (в скобках указан холдинг, в который входит данная компания)	Субъект РФ	Год открытия/ восстановления	Марка угля
210.	ш. АО «Р. Инской»	АО «Р. Инской»	Кемеровская область	2011	Д
211.	ш. Кыргайская	АО «Ш/у Талдинское-Кыргайское»	Кемеровская область	1989	Г
212.	ш. Талдинская-Южная	АО «Ш/у Талдинское-Южное»	Кемеровская область	2009	Г
213.	ш. Юбилейная	ООО «Ш. Юбилейная»	Кемеровская область	2016	Ж
214.	УОГР ООО «Ресурс» (участки Кыргайский-Средний, Отвальный-Южный № 2)	ООО «Ресурс»	Кемеровская область	2014	Д, ДГ, Г, ГЖО

Н/д — нет данных;
р. — разрез;
ш. — шахта;
р/у — разрезоуправление;
ш/у — шахтоуправление;
УОГР — участок открытых горных работ;
УПГР — участок подземных горных работ.

1.2 Обогащение угля

1.2.1 Виды продукции и основные технологии

Для улучшения качества угля применяются процессы обогащения. Обогащение угля представляет собой совокупность методов и процессов, в результате которых происходит сокращение содержания примесей в угле.

В процессе обогащения угля обычно получают два продукта [23]:

- концентрат (низкозольный, малосернистый);
- хвосты (отвальные) и иные отходы обогащения.

Концентрат представляет собой продукт, который содержит повышенное количество полезного компонента по сравнению с добытой горной массой. Хвосты конечные (отвальные) представляют собой продукт обогащения угля, в который переходит большая часть породы и вредных примесей. Остаточный уголь содержится в хвостах в таком количестве и форме, что его извлечение при технологии, принятой на данной обогатительной фабрике, экономически нецелесообразно [24].

Кроме того, в процессе обогащения формируется промежуточный продукт — продукт обогащения угля, в котором содержание сростков угля более высокое, чем в исходном питании [25]. По содержанию вредных примесей промежуточный продукт занимает положение между концентратом и хвостами. В дальнейшем промежуточный продукт может подвергаться последующему обогащению или использоваться в качестве энергетического топлива.

Выделяют две основные группы способов обогащения угля [26]:

- гравитационные — способы, основанные на различии плотностей угля и породы в разделяющей среде. Разделение минералов производится в жидкой среде — воде или минеральных суспензиях (мокрое обогащение) или в воздушной среде (пневматическое, или сухое, обогащение). Мокрые гравитационные методы обогащения включают в себя следующие способы: отсадку, обогащение в тяжелых средах, обогащение в наклонно текущем потоке. Сухие гравитационные методы обогащения проводятся в пневматических отсадочных машинах, сухих лотках и концентрационных столах [24];
- флотационные — способы, основанные на различиях в смачиваемости угля и породы. Данные способы обычно применяются для обогащения мелких классов углей (менее 0,5 мм) [26].

Кроме указанных методов обогащения, возможно применение специальных способов, таких как электрическая сепарация, масляная агломерация, магнитное обогащение и т. д. Однако подобные методы обогащения углей применяются довольно редко.

1.2.2 Объемы обогащения угля

По данным Минэнерго России, в 2015 г. объем переработки угля на обогатительных фабриках составил 180,0 млн т (в 2016 г. — 184,8 млн т [27]), из них 87,8 млн т пришлось на уголь для коксования [28], а остальное — на каменный энергетический уголь и антрацит. Бурый уголь в России практически не обогащается: в 2010–2012 гг. объемы обогащения бурого угля составляли менее 0,7–0,9 млн т/г .

Если соотнести объемы обогащения угля с объемами добычи (по данным Росстата [29]), то окажется, что в 2015 г. обогащению подверглось 106 % добытого в том же году угля для коксования (по всей видимости, превышение отметки в 100 % связано с обогащением угля, добытого в предыдущем, 2014 г.) и 43 % добытого в том же году каменного энергетического угля и антрацита.

1.2.3 Углеобогатительные предприятия России

Обогатительные фабрики — промышленные предприятия, включающие совокупность сооружений с помещенными в них подготовительными, основными и вспомогательными аппаратами для обогащения угля, складами для хранения исходного сырья и продуктов обогащения, сетями водо- и воздуховодов, водно-шламового хозяйства. В зависимости от характера и вида обогатительные процессы делятся на: дробильно-сортировочные, гравитационные, флотационные и фабрики с комбинированным процессом [24]. Иными словами, это связующее звено между потребителями и угледобывающими компаниями. Обогатительные фабрики позволяют увеличить прибыльность добычи угля, так как фабрики могут принимать на обогащение уголь низкого качества.

Выделяют следующие типы обогатительных фабрик:

- *индивидуальные обогатительные фабрики (ОФ)*, которые используются для обогащения углей одной шахты и территориально связаны с ней;
- *групповые обогатительные фабрики (ГОФ)*, которые используются для обогащения углей нескольких шахт и территориально связаны с одной из шахт;
- *центральные обогатительные фабрики (ЦОФ)*, которые используются для обогащения углей нескольких шахт и территориально не связаны с ними.

Объем переработки угля на обогатительных фабриках в 2015 г. составил 180 млн т, что на 7 млн т больше, чем в 2014 г. [28].

К началу 2017 г. в России насчитывается 61 крупная обогатительная фабрика (см. таблицу 6), из которых 27 были введены в эксплуатацию в период с 2000 г. Каменный коксующийся уголь подвергается обогащению на 32 фабриках, каменный энергетический — на 28 фабриках, антрацит — на 5 фабриках, бурый уголь — на 1 фабрике. Мощность обогатительных фабрик обычно составляет до 9 млн т/г, этот уровень превышен только на Распадской обогатительной фабрике (15 млн т/г).

Наиболее широко распространена технология тяжелосредного обогащения — она применяется на 40 фабриках из 61. Обогащение отсадкой осуществляется на 25 фабриках, флотацией — на 18 фабриках, спиральные сепараторы применяются на 12 фабриках, а методы сухого обогащения — на 2 фабриках.

Рынок обогащенного угля можно охарактеризовать как ориентированный на экспорт, что подталкивает компании увеличивать объемы обогащения энергетических углей. Мировой рынок диктует определенные требования к параметрам углям, в результате чего обогащение — главный способ превращения угля в продукт, пригодный для продажи по более высоким ценам, а также один из способов для компании снизить свою зависимость от перепадов на рынке. Однако на внутреннем рынке спрос на обогащенный уголь достаточно невысок, что обусловлено конструктивно заложенной специализацией большей части электростанций на проектные угли, а также необходимо-

стью значительных вложений на модернизацию для применения обогащенных углей на электростанциях.

Таблица 6 — Перечень углеобогатительных фабрик в России (по состоянию на начало 2017 г.) [3)]

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
Печорский бассейн					
ЦОФ «Печорская»	АО «Воркутауголь»	О, ТС, Ф	7,1	1993	Каменный коксующийся
ОФ шахты «Северная»	АО «Воркутауголь»	О, СС, ТС	4,2	1971	Каменный коксующийся
ОФ шахты «Воркутинская»	АО «Воркутауголь»	Н/д	2,3	1954	Каменный коксующийся
ГОФ «Интинская»	АО «Шахта „Интауголь“»	ТС	4,3	1966	Каменный энергетический
Донецкий бассейн					
ЦОФ «Гуковская»	ООО «Южная угольная компания»	ТС	4,8	1963	Антрацит
ОФ «Обуховская»	ОАО «ШУ „Обуховская“»	О, ТС	3	1978	Антрацит
ЦОФ «Шолоховская»	ООО «Ростовская угольная компания»	О	1,2	1964	Каменный коксующийся
Южно-Уральский бассейн					
ОФ Коркинского разреза	ОАО «Челябинская угольная компания»	С	1 (оценка)	1963	Бурый
Горловский бассейн					
ОФ «Листвянская»	АО «Сибирский Антрацит»	ТС	2	1982	Антрацит
ОФ «Листвянская-2»	АО «Сибирский Антрацит»	ТС, СС	1,9	2007	Антрацит
Кузнецкий бассейн					
ОФ «Вахрушевская»	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	ТС	2,5	1969	Каменный энергетический
ОФ «Краснобродская-коксовая»	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	Ф	3	2011	Каменный коксующийся

[3)] Таблица составлена по данным предприятий угольной промышленности.

Продолжение таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
ОФ «Калтанская-энергетическая»	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	ТС	3	2015	Каменный энергетический
ОФ «Бачатская-коксовая»	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	ТС, СС, Ф	3	2008	Каменный коксующийся
ОФ «Бачатская-энергетическая»	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	ТС	3,5	2003	Каменный энергетический
ОФ «Кедровская»	ОАО «УК „Кузбассразрезуголь“»	ТС	6	1982	Каменный энергетический
ЦОФ «Кузбасская»	ПАО «Южный Кузбасс»	ТС, СС, О	7,5	1990	Каменный коксующийся
ЦОФ «Сибирь»	ПАО «Южный Кузбасс»	ТС, О, Ф	6,6	1974	Каменный коксующийся
ОФ «Красногорская»	ПАО «Южный Кузбасс»	О, Ф	2,8	1950	Каменный коксующийся
ГОФ «Томусинская»	ПАО «Южный Кузбасс»	О, Ф	2,7	1954	Каменный коксующийся
ОФ разреза «Сибиргинский»	ПАО «Южный Кузбасс»	ТС	1,1	1993	Каменный энергетический
ОФ шахты им. Кирова	АО «СУЭК-Кузбасс»	О	8	1955	Каменный коксующийся
ОФ шахты «Комсомолец»	АО «СУЭК-Кузбасс»	О	3	1961	Каменный коксующийся
ОФ шахты «Полысаевская»	АО «СУЭК-Кузбасс»	ТС	1,9 (до осуществляющейся реконструкции)	Н/д	Каменный коксующийся
ОФ шахтоуправления «Талдинское-Западное»	АО «СУЭК-Кузбасс»	ТС	3	Н/д	Каменный энергетический
ОФ «Матюшинская»	ООО «Разрез „Березовский“»	ТС	4,8	2012	Каменный энергетический
ОФ ООО «СП „Барзасское товарищество“»	ООО «СП „Барзасское товарищество“»	ТС	2	2009	Каменный коксующийся и энергетический

Продолжение таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
ОФ разреза Шестаки	ОАО разрез «Шестаки»	ТС	1	2007	Каменный коксующийся
ОФ шахты № 12	ООО «Шахта № 12»	О	1	1964	Каменный энергетический
ОФ Распадская	ЗАО «ОФ „Распадская“»	ТС, СС	15	2005	Каменный коксующийся
ЦОФ «Кузнецовская»	ОАО «Южкузбассуголь»	О, Ф	6	1966	Каменный коксующийся
ЦОФ «Абашевская»	ОАО «Южкузбассуголь»	О, Ф	5,4	1962	Каменный коксующийся
ОФ ЗСМК	АО «ЕВРАЗ Объединенный ЗСМК»	О, Ф	н/д	н/д	Каменный коксующийся
ОФ «Листвяжная»	ЗАО «ОФ „Листвяжная“»	О	6	2007	Каменный энергетический
ОФ АО «Черниговец»	АО «Черниговец»	ТС	6	1976	Каменный энергетический
ОФ «Черниговская-Коксовая»	АО «Черниговец»	н/д	4,5	2012	Каменный энергетический и коксующийся
ЦОФ «Щедрухинская»	ЗАО «Топпром»	ТС, СС	3,5	2009	Каменный энергетический и коксующийся
ОФ «Коксовая»	ЗАО «Топпром»	О, СС, Ф	2	1961	Каменный коксующийся
ОФ «Тайбинская»	ЗАО «Топпром»	О, Ф	1,3	1953	Каменный коксующийся
ОФ «Междуреченская»	ОАО «ОФ „Междуреченская“»	ТС, Ф	6,2	2005	Каменный энергетический и коксующийся, антрацит
ОФ Антоновская	ЗАО «ОФ «Антоновская»	О, СС	4,7	2001	Каменный коксующийся
ОФ «Спутник»	ОАО «Шахта „Заречная“»	ТС, СС	6	2003	Каменный энергетический
ОФ «Карагайлинская»	ООО «Шахтоуправление «Карагайлинское»	ТС, Ф	1,5	2015	Каменный коксующийся
ОФ «Каскад-2»	ПАО «Кузбасская топливная компания»	ТС, О	3,6	2013	Каменный энергетический
ОФ «Каскад-1»	ПАО «Кузбасская топливная компания»	ТС	2	2010	Каменный энергетический

Продолжение таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
ЦОФ «Беловская»	ООО «ММК-Уголь»	ТС, СС, О, Ф	6,2	1964	Каменный коксующийся
ЦОФ «Березовская»	ПАО «ЦОФ Березовская»	ТС, О, Ф	4	1969	Каменный коксующийся
ОФ «Северная»	ОАО «УК „Северный Кузбасс“»	О, СС, Ф	3	2006	Каменный коксующийся
ОФ «Анжерская»	ООО «ОФ „Анжерская“»	О, Ф	2,2	1954	Каменный энергетический
ОУ ООО «Ровер»	ООО «Ровер»	ТС	1,8	2006	Каменный
Минусинский бассейн					
ОФ ООО «СУЭК-Хакасия»	ООО «СУЭК-Хакасия»	ТС	7	1975	Каменный энергетический
ОФ Степного разреза	АО «Русский уголь»	О	3,5	2011	Каменный энергетический
Олонь-Шибирское месторождение					
ОФ «Тугнуйская»	ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	ТС	9	2009	Каменный энергетический
Черемховский бассейн					
ЦОФ «Касьяновская»	ООО «Компания „Востсибуголь“»	ТС, О	3 (оценка)	1979	Каменный энергетический
Южно-Якутский бассейн					
ОФ «Нерюнгринская»	АО «ХК „Якутуголь“»	ТС, Ф	9	1985	Каменный коксующийся
ОФ Эльгинского разреза	АО «ХК „Якутуголь“»	ТС, СС	2,7	2012	Каменный коксующийся
ОФ «Инаглинская-1»	ООО «УК „Колмар“»	ТС	3	2016	Каменный коксующийся
Олонь-Шибирское месторождение					
ОФ «Тугнуйская»	ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	ТС	9	2009	Каменный энергетический
Буреинский бассейн					
ОФ «Чегдомын»	АО «Ургалуголь»	ТС	6	2013	Каменный энергетический

Окончание таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
ОУ-22	АО «Ургалуголь»	ТС	1,8	1968	Каменный энергетический
Раздольненский бассейн					
ОУ шахтоуправления «Восточное»	АО «Шахтоуправление „Восточное“»	С	1	2009	Каменный энергетический
Примечание — Указаны фабрики с мощностью 1 млн т/г и выше.					

Н/д — нет данных;
ТС — обогащение в тяжелых средах;
СС — обогащение спиральными сепараторами;
О — отсадка;
Ф — флотация;
С — сухое обогащение;
ОУ — обогатительная установка.

1.3 Основные экологические проблемы добычи и обогащения угля

Пыление

В процессе открытой и подземной добычи угля, а также при его обогащении происходит образование неорганической пыли, частицы которой улетучиваются в атмосферу. Выбросы неорганической пыли относятся к группе неорганизованных выделений, которые осуществляются со значительных территорий.

Загрязнение воздуха в районе предприятий угольной промышленности зависит от климатических и горно-геологических условий. Например, при сухом континентальном климате, особенно при сильных ветрах, создаются условия для интенсификации поступления в приземные слои атмосферы и перемещения в них пыли. Уже при скорости ветра 2 м/с сухая пыль сдувается и переносится на значительные расстояния. Росту выбросов пыли в атмосферу также способствует сооружение высоких отвалов, поскольку скорость ветра увеличивается по мере роста их высоты [30].

Всего при добыче и обогащении угля в 2016 г. в России в воздух поступило 58,4 тыс. т пыли, что составляет 0,15 кг пыли/т добытого угля [31].

Самовозгорание угля

Каменные и бурые угли в определенных условиях характеризуются склонностью к самовозгоранию. Самовозгорание приводит к выделению в атмосферу оксидов углерода, серы, азота и других загрязняющих веществ. Самовозгорание может происходить в выработанном пространстве шахт (подземные пожары), в разрезах и породных отвалах. При складировании угля самовозгорание может быть с легкостью предотвращено. Однако предотвратить самовозгорание угольной пыли, размещенной в отвалах вместе с пустыми породами, гораздо сложнее.

Выделение метана

При вскрытии угольных пластов, проведении проходческих и очистных работ в шахтах может происходить эмиссия метана, который затем уносится по вентиляционным выработкам в атмосферу. Таким же образом может происходить эмиссия и других газов — CO_2, H_2S, SO_2, ароматических углеводородов [30].

Всего при добыче и обогащении угля в 2016 г. в России в воздух поступило 879,5 тыс. т углеводородов (преимущественно метана), что составляет 2,28 кг C_xH_y/т добытого угля [31].

Выбросы от двигателей и котельных агрегатов

На предприятиях угольной промышленности действует большое количество двигательных, котельных и электрогенерирующих установок, которые в процессе работы выделяют выхлопные газы (оксиды углерода, азота и серы и т. д.) и сажу [30].

Всего при добыче и обогащении угля в 2016 г. в России в воздух поступило 10,4 тыс. т SO_2, 36,0 тыс. т CO, 18,8 тыс. т оксидов азота, что составляет 0,03 кг SO_2/т добытого угля, 0,09 кг CO/т добытого угля, 0,05 кг NO_x/т добытого угля [31].

Изменение водного режима

Наличие подземных и поверхностных вод при строительстве и эксплуатации разрезов и шахт может приводить к деформации горных выработок. Вследствие этого снижается производительность оборудования, усложняется производство буровзрыв-

ных работ. Для решения данной проблемы проводится осушение месторождений (переносятся поверхностные водоемы и водотоки) и выполняются мероприятия по защите горных выработок от обводнения их подземными водами.

В результате естественный режим подземных вод нарушается. При этом запасы подземных вод сокращаются, а состояние и качество поверхностных вод ухудшается. На значительной площади месторождения образуется депрессионная воронка. На поверхности земли нарушения состояния вод проявляются в полном осушении заболоченных участков, уменьшении запасов вод в поверхностных водоемах и водотоках, осушении колодцев и неглубоких водозаборных скважин, иссякании источников, небольших ручьев и речек. При прекращении откачек в связи с завершением горных работ со временем депрессионные воронки исчезают и режим подземных вод восстанавливается, но восстановление режима и состояние вод зависят от масштабов нарушений.

Кроме того, инфильтрация вод в основании отвалов и хвостохранилищ приводит, как правило, к подъему уровня грунтовых вод и заболачиванию прилегающей территории по контуру этих сооружений.

Загрязнение поверхностных и грунтовых вод

Поверхностные и грунтовые воды, попадая в систему дренажных канав, водосборников и коллекторов на шахтах, разрезах, отвалах и хвостохранилищах, загрязняются взвешенными веществами и различными химическими соединениями (нефтепродуктами, нитратами, нитритами и т. д.). Будучи сброшенными в водоемы без должной очистки, загрязненные воды отрицательно воздействуют на флору и фауну поверхностных вод, а также на флору и фауну лесных и сельскохозяйственных угодий окружающих территорий, ухудшая санитарно-гигиенические условия местности. Во многих случаях такие воды требуют дополнительной очистки перед сбросом в естественные водоемы или возвратом в технологический процесс [30].

Всего при добыче и обогащении угля в 2016 г. в России в водные объекты было сброшено 437,6 млн м^3 сточных вод, что составляет 1,14 м^3/т добытого угля. Из них лишь 77,3 млн м^3 было нормативно очищено, а еще 27,1 млн м^3 — нормативно чистые без очистки. Оставшиеся 333,2 млн м^3 сточных вод (76 % от объема всех сброшенных вод) были загрязненными. Их них 209,0 млн м^3 были недостаточно очищены, а еще 124,2 млн м^3 вообще не подвергались очистке [31].

Изъятие земель и образование отходов

При строительстве предприятий угольной отрасли, особенно разрезов и отвалов, изменениям подвергаются значительные участки земной поверхности. В частности, происходит удаление почвенного покрова, сокращение площадей сельскохозяйственных и лесных угодий, уничтожение растительного покрова. Для компенсации подобного ущерба после завершения горнодобывающих работ нарушенные земли должны подвергаться восстановительным работам [30]. В частности, отвалы пустой породы по возможности должны быть использованы для закладки выработанного пространства. В отношении оставшихся после закладки отвалов должна проводиться техническая и биологическая рекультивация.

Всего при добыче и обогащении угля в 2016 г. в России было образовано 3236,6 млн т отходов, преимущественно представленных «инертными» породами — вскрышными и вмещающими породами. Из них 1526,9 млн т (47 % от суммарной массы

отходов) было размещено во внешних отвалах [31], остальные отходы были переработаны или использованы для закладки выработанного пространства шахт и разрезов.

Раздел 2. Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при добыче угля и обогащении угля

В данном разделе представлена информация о технологических процессах, используемых в настоящее время при добыче и обогащении угля в разбивке по технологическим этапам:

- Добыча угля подземным способом;
- Добыча угля открытым способом;
- Обогащение угля.

2.1 Добыча подземным способом

Схема технологического процесса добычи угля подземным способом приведена на рисунке 4, основные этапы добычи угля подземным способом — в таблице 7, используемое оборудование — в таблицах 8, 9.

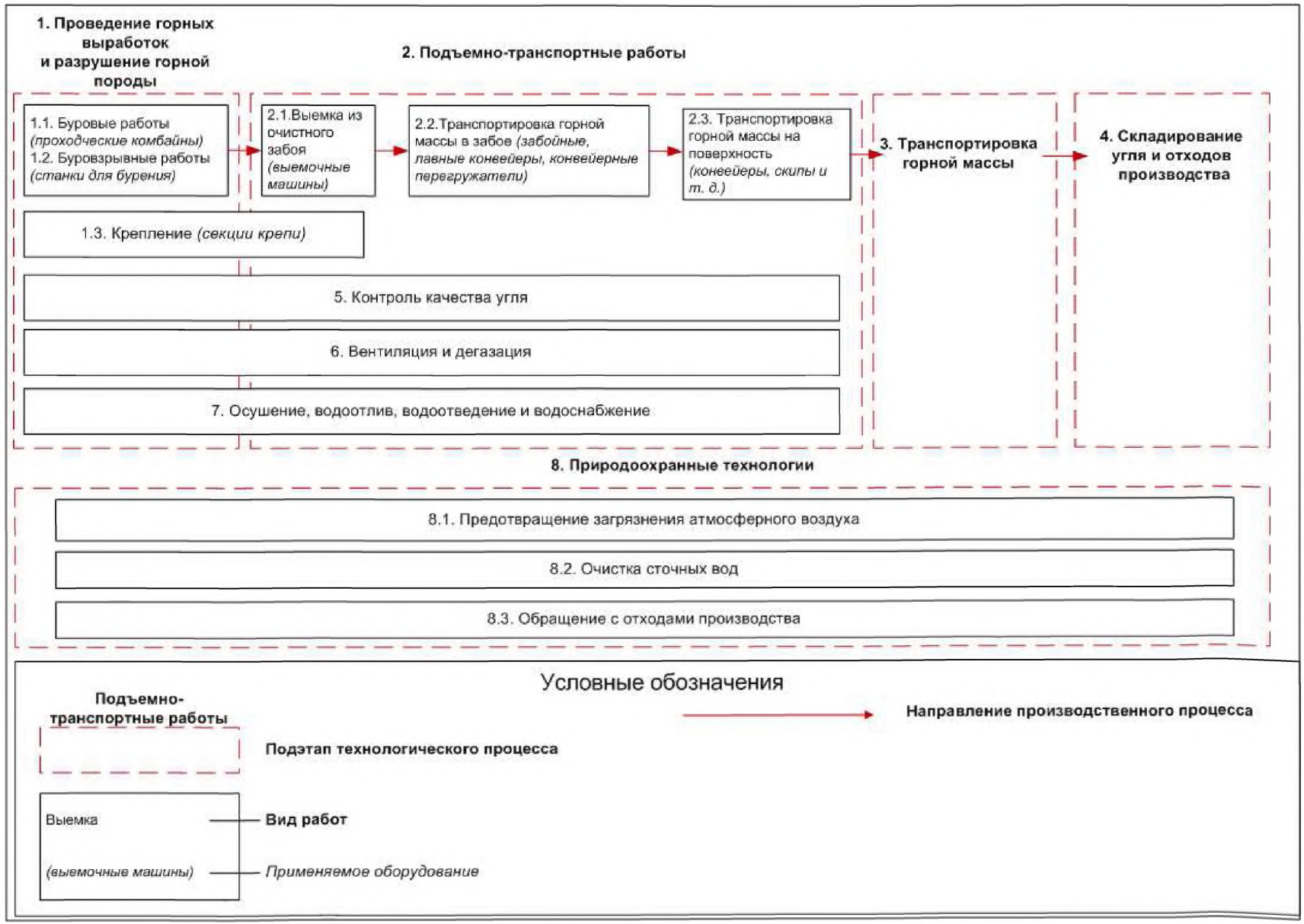

Рисунок 4 — Схема технологического процесса добычи угля подземным способом

Таблица 7 — Основные этапы добычи угля подземным способом

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	Участок угольного месторождения, электроэнергия, вода	Проведение горных выработок и разрушение горной породы	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Проходческие комбайны, буровые установки, насосные установки, зарядные машины, вентиляционные трубы, источники электроэнергии	**Выбросы** (основной процесс): метан, пыль неорганическая, углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сероводород. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты. **Отходы:** твердые коммунальные отходы, масла отработанные, ветошь промасленная, мусор строительный, отработанные аккумуляторные батареи, фильтры масляные, лом черных металлов, отработанные лампы, вмещающие породы

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.1	Участок угольного месторождения, электроэнергия, вода	Проведение горных выработок с разрушением пород путем взрыва	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Проходческие комбайны, буровые установки, зарядные машины, системы детонации, крепи механизированные, насосные установки, вентиляционные трубы, источники электроэнергии	**Выбросы** (основной процесс): метан, пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты. **Отходы:** твердые коммунальные отходы, масла отработанные, ветошь промасленная, мусор строительный, отработанные аккумуляторные батареи, фильтры масляные, лом черных металлов, отработанные лампы, вмещающие породы

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.2	Участок угольного месторождения, взрывчатые вещества, электроэнергия, вода	Проведение горных выработок с применением проходческих комбайнов	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Проходческие комбайны, насосные установки, вентиляционные трубы, источники электроэнергии	**Выбросы** (основной процесс): метан, пыль неорганическая, углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сероводород. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты. **Отходы:** твердые коммунальные отходы, масла отработанные, ветошь промасленная, мусор строительный, отработанные аккумуляторные батареи, фильтры масляные, лом черных металлов, отработанные лампы, вмещающие породы
1.3	Участок угольного месторождения, электроэнергия, вода	Крепление горных выработок	Участок горной выработки с закрепленными породами кровли	Проходческие комбайны, крепи механизированные	**Выбросы** (основной процесс): метан, пыль неорганическая

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, электроэнергия, вода	Подъемно-транспортные работы	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, погруженная в транспортное средство	Ленточные и скребковые конвейеры, выемочные машины, скипы, подлавные (скребковые) перегружатели, дробилки, насосные станции, источники электроэнергии	**Выбросы** (основной процесс): метан, пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты. **Отходы:** твердые коммунальные отходы, масла отработанные, ветошь промасленная, мусор строительный, отработанные аккумуляторные батареи, фильтры масляные, лом черных металлов, отработанные лампы, вмещающие породы
2.1	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, электроэнергия, вода	Очистные работы	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, погруженная в транспортное средство	Выемочные машины, лавные скребковые конвейеры, подлавные (скребковые) перегружатели, дробилки, насосные станции, источники электроэнергии	То же
2.2	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, электроэнергия	Транспортировка горной массы в забое	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, погруженная в транспортное средство	Конвейеры (ленточные и скребковые), перегружатели (конвейерные, скребковые), источники электроэнергии	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая. **Отходы:** масла отработанные, ветошь промасленная, отработанные аккумуляторные батареи, фильтры масляные, лом черных металлов

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2.3	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, электроэнергия	Транспортировка горной массы на поверхность	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, погруженная в транспортное средство	Скиповой подъем, конвейеры (ленточные, скребковые), источники электроэнергии	То же
3.	Уголь, погруженный в транспортное средство, дизельное топливо, электроэнергия	Транспортировка горной массы на поверхности	Уголь, погруженный в транспортное средство	Конвейеры (ленточные и скребковые), питатели, железнодорожные вагоны, локомотивы, погрузчики, источники электроэнергии	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая. **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин. **Отходы:** твердые коммунальные отходы, масла отработанные, ветошь промасленная, мусор строительный, отработанные аккумуляторные батареи, фильтры масляные, лом черных металлов, отработанные лампы
4	Уголь, погруженный в транспортное средство, электроэнергия	Складирование угля и отходов производства	Товарный уголь, (на складе предприятия)	Погрузчики, бульдозеры, скреперы, экскаваторы (в том числе раглайны)	То же

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
5	Воздух горной выработки, электроэнергия	Вентиляция и дегазация	Воздух горной выработки (метано-воздушная смесь)	Вентиляторы главного проветривания, передвижные дегазационные установки с водокольцевыми насосами, модульные дегазационные установки	**Выбросы** (основной процесс): метан, пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты
6	Сточные воды и свежая вода, электроэнергия	Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение	Сточные воды	Насосные установки, водосборники, установки главного водоотлива, трубопроводы	**Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
7	Пыль, сточные воды, вмещающие породы, электроэнергия, техническая вода	Природоохранные технологии	Воздух с пониженной концентрацией пыли, очищенные сточные воды, вмещающие породы в отвалах и выработанных пространствах	Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, поливооросительные машины, пылеулавливающие установки, пруды-отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки, отвалообразователи непрерывного действия, осветлители, фильтры, флотационные установки, фильтр-прессы, установки обеззараживания	**Выбросы**: пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты. **Отходы:** вмещающие породы
7.1	Пыль, электроэнергия, техническая вода	Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха	Воздух с пониженной концентрацией пыли	Оросительные установки, пылеулавливающие установки	**Выбросы**: пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты
7.2	Сточные воды, электроэнергия	Очистка сточных вод	Очищенные сточные воды	Пруды-отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки	**Сбросы:** взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты

Окончание таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
7.3	Вмещающие породы, электроэнергия	Утилизация отходов производства	Вмещающие породы в отвалах и выработанных пространствах	Отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры	**Отходы:** вмещающие породы

Таблица 8 — Основное оборудование для добычи угля подземным способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [4)]
Выемочная машина	Добыча угля из подготовленной лавы	Вынимаемая мощность: 1,6–5,2 м. Число оборотов режущего шнека: 29–41 об./мин (по данным тех. литературы). Мощность режущих двигателей: 285–1650 кВт
Комбайн проходческий	Проведение и креплений горных выработок	Производительность: 0,3–3,2 $м^3$/мин (по данным анкет). Мощность эл. двигателя: 55–400 кВт (по данным тех. литературы), 110–321 кВт (по данным анкет)
Конвейер ленточный	Транспортировка горной массы конвейерным транспортом	Производительность: 100–5250 $м^3$/ч (по данным тех. литературы), 270–330 т/ч (по данным анкет). Мощность:132–2250 кВт. Скорость ленты: 1,0–4,7 м/с (по данным тех. литературы), (1,6 ± 0,16) м/с (по данным анкет). Ширина ленточного полотна: 800–1600 мм
Конвейер скребковый лавный	Транспортировка горной массы конвейерным транспортом	Производительность: 1500–4000 т/ч. Мощность: 500–2250 кВт. Скорость движения цепи: (1,1 ± 0,4) м/с
Крепь	Крепление пород кровли	Рабочее сопротивление: 4800–12 000 кН (по данным тех. литературы)
Буровая установка	Бурение взрывных скважин	Диаметр бурения: 125–400 мм (по данным тех. литературы). Глубина бурения: до 64 м (по данным тех. литературы)
Насосная установка	Осушка скважин	Производительность: 0,1–8000 $м^3$/ч (по данным тех. литературы)

[4)] По умолчанию — по данным анкет.

Продолжение таблицы 8

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [4)]
Вентиляционное оборудование: - вентиляторы (дутьевые, осевые, радиальные центробежные); — турбовоздуходувки	Подача, выдача воздуха из шахты	Диаметр: 3100–3600 мм. Частота вращения: 375–500 об./мин. Производительность: 60–280 $м^3$/с. Мощность: 122–2050 кВт
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования	–
Дегазационная установка	Каптирование метана из угольного пласта или из выработанного пространства (с последующим сжиганием)	Концентрация поступающей метановоздушной смеси: 0 % — 100 % (по данным тех. литературы). Производительность: 60–200 $м^3$/мин
Установка главного водоотлива	Откачка воды из выработок на поверхность	Количество ступеней: 8. Подача: 300 $м^3$/ч. Напор: 480 м. Частота вращения: 1475 об./мин. Давление на входе в насос: 0,05 МПа. Коэффициент полезного действия агрегата: 64 % Производительность: 38–850 $м^3$/ч
Кабелеукладчик	Прокладка силового кабеля	Ширина: 160–245 мм (по данным тех. литературы). Приспособлен под кабель до 70 мм (по данным тех. литературы). Радиус изгиба в горизонтальном направлении: 8–12 м (по данным тех. литературы)
Лебедка	Перемещение горно-шахтного оборудования	Тяговое усилие: 1000–8000 кг/с (по данным тех. литературы). Мощность: 11–110 кВт (по данным тех. литературы)
Погрузочная машина	Погрузка горной массы	Грузоподъемность: 3,5–25 т (по данным тех. литературы). Емкость ковша: 1,1–10,7 $м^3$ (по данным тех. литературы)

Продолжение таблицы 8

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [4)]
Перегружатель	Перегрузка горной массы с одного транспорта на другой	Производительность: 900–2000 т/ч (по данным тех. литературы). Мощность: 315–600 кВт (по данным анкет). Частота вращения эл. двигателя: 1470 об./мин. Нагрузка: 400 кН (по данным анкет)
Бульдозер	Погрузочные работы	Объем отвала: до 11,2 м^3 (по данным тех. литературы)
Скреперная установка	Погрузочные работы	Емкость ковша: 8,5–18 м^3 (по данным тех. литературы)
Шахтный подъемник	Подъем горной породы из шахты на поверхность	Грузоподъемность: до 5000 кг (по данным тех. литературы). Высота подъема: до 241 м (по данным тех. литературы). Мощность двигателя: 148–1000 кВт
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - лифт; - таль; - тельфер	Подъемно-транспортные и монтажные работы	—
Электровоз	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках	Сила тяги: 3,2–25 кН (по данным тех. литературы)
Вагонетка	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках	Грузоподъемность: 3–5,6 т (по данным тех. литературы)
Вагон самоходный	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках	Грузоподъемность: 15–30 т (по данным тех. литературы). Макс. скорость движения: 9 км/ч (по данным тех. литературы)
Центробежный насос	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение	Подача воды: около 250–1030 м^3/ч (по данным тех. литературы)

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [4)]
Подвесная монорельсовая дорога	Транспортировка оборудования	Максимальная скорость транспортирования: 1,9 м/с (по данным тех. литературы). Допустимая нагрузка: 50 кН (по данным тех. литературы)
Автосамосвал карьерный	Транспортировка горной породы на поверхности	Грузоподъемность: 130–220 т (по данным тех. литературы)
Погрузчик (породопогрузочная машина)	Транспортировка и складирование угля	Объем ковша: 6–14 $м^3$ (по данным тех. литературы)
Питатель	Регулируемая подача горной породы	Производительность: 25–90 $м^3/ч$ (по данным тех. литературы)
Датчики метана	Контроль содержания метана в воздухе	Напряжение питания: 1,5–15 В (по данным тех. литературы). Диапазон измерения концентрации метана: 0 % — 100 % (по данным тех. литературы)
Система аэрогазового контроля	Контроль параметров рудничного воздуха	—
Контрольно-измерительное оборудование	Учет массы транспортируемого угля. Контроль расхода ресурсов	—
Осланцеватели, огнепреградители	Осланцевание горных выработок (подача инертной пыли). Гашение распространения пламени	Оснащается взрывобезопасным пневматическим приводом
Калориферы	Подогрев потока вентиляционного воздуха на входе в шахту	Мощность: до 3000 кВт (по данным тех. литературы)
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей	Максимальная крупность кусков угля: 300 мм (по данным тех. литературы)
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей	—

Таблица 9 — Природоохранное оборудование для добычи угля подземным способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики (по данным тех. литературы)
Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, водяные оросители	Орошение (в том числе предварительное) угольного массива, очистных забоев и других пылящих поверхностей	Эффективность пылеподавления: 70 % — 98 %
Водовоздушный эжектор	Пылеподавление при передвижке секций механизированной крепи	Эффективность пылеподавления: 80 % — 93 % [32]
Ствол воздушно-пенный, пеногенератор, пенообразователь	Пылеподавление пеной при очистных работах	Эффективность пылеподавления: 90 % — 98 %
Пылеулавливающая установка	Улавливание пыли при проведении буровых, выемочно-погрузочных работ и транспортировке угля конвейерным способом	Эффективность пылеулавливания: до 99,9 % (улавливаются частицы размером от 0,05 мкм)
Шахтный водосборник	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)	—
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель с взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)	Степень очистки воды после первичного осветления от взвешенных веществ: от 50 % до >99 % (по данным анкет)
Нефтеловушка и аналогичные устройства (боновое заграждение, боновый фильтр)	Очистка сточных вод от нефтепродуктов	—
Флотационная машина	Очистка сточных вод от взвешенных веществ (крупных и мелкодисперсных), нефтепродуктов, железа, масел и ПАВ	—
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)	—
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод	Степень очистки воды от органических загрязнений составляет около 90 %

Окончание таблицы 9

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики (по данным тех. литературы)
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа	—
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод	Уровень инактивации: до 99,9 %
Засыпной сорбционный фильтр	Доочистка сточных вод	—
Установка аэрации воды (аэратор)	Очистка сточных вод от железа	—
Установка флотации, фильтрации и обеззараживания	Комплексная очистка сточных вод	Производительность: 30 м^3/ч и более
Отвалообразователь непрерывного действия	Формирование отвалов	Производительность: соответствует производительности многоковшового экскаватора (от 1250 до 5250 м^3/ч)

2.1.1 Проведение горных выработок и разрушение горной породы (буровые работы)

2.1.1.1 Проведение горных выработок

Проведение горных выработок представляет собой совокупность работ по выемке, погрузке, транспортировке горной массы, возведению крепи, наращиванию транспортных устройств и коммуникаций, обеспечивающих подвигание подготовительного забоя.

При проведении горных выработок различают основные и вспомогательные процессы:

- основные — проведение и крепление выработки;
- вспомогательные — возведение временной крепи, навеска вентиляционных труб, наращивание конвейера или настилка рельсовых путей, прокладка труб, кабелей и др.

Классификация технологических схем проведения горных выработок

В зависимости от однородности пересекаемых пород выделяют:

- проведение выработок в однородных породах (в случае если забой выработки пересекает только один вид пород);
- проведение выработок в неоднородных породах (в случае если забой выработки пересекает два вида пород и более).

Проведение выработки в однородной породе осуществляется сплошным забоем (уголь и вмещающая порода вынимаются одновременно) при мощности пласта до 0,6 м или при большей мощности пласта, но низком качестве угля.

При неоднородных породах выработка проводится как сплошным забоем, так и уступным забоем, т. е. с раздельной выемкой угля и породы. При этом вначале проводят выемку угольного пласта на некоторую величину, а затем — вмещающих пород.

В зависимости от места размещения породы выделяют следующие способы проведения выработок:

- узким забоем;
- широким забоем.

При проведении выработок узким забоем уголь вынимается только в пределах поперечного сечения выработки, а порода, полученная от подрывки, выдается на поверхность шахты. При проведении выработок широким забоем уголь вынимается на ширину, превышающую изначальную ширину выработки. В образовавшемся пространстве (раскоске) размещаются породы от подрывки.

В зависимости от способа отделения горных пород от угольного массива выделяют следующие способы проведения горных выработок:

- механический (механизированный) способ. Осуществляется с помощью проходческих комбайнов, применяется по углю и породе средней крепости (коэффициент крепости f = 5–6);
- буровзрывной способ — применяется в породах любой крепости;
- гидравлический способ — применяется крайне ограниченно, в частности для дегазации массива [33];
- ручной способ с использованием отбойного молотка — применяется в особых случаях (проведение водосточной канавки, на крутом падении пласта);
- комбинированные работы представляют собой комбинацию различных применяемых технологий.

2.1.1.2 Проведение горных выработок с помощью проходческих комбайнов

Проходческие комбайны предназначены для механизации проведения горизонтальных и наклонных подготовительных выработок различного назначения на угольных шахтах. Применение проходческих комбайнов дает возможность совместить во времени основные технологические операции проходческого цикла: отделение горной породы от массива, ее погрузку в транспортные средства, в отдельных случаях — крепление выработанного пространства.

Выделяются следующие основные технологические операции при комбайновом способе прохождения горных выработок:

- разрушение породы;
- удаление разрушенной породы от комбайна, ее погрузка и транспортирование;
- крепление горных выработок;
- вспомогательные операции по обеспечению функционирования забоя (проветривание, борьба с пылью и т. д.) [34].

В конструкции комбайна предусмотрена возможность установки дополнительного навесного оборудования для механизации трудоемких операций проходческого цикла (бурение шпуров и установка анкерной крепи, установка временной штучной крепи и пр.).

Все проходческие комбайны по способу обработки забоя органом разрушения можно разделить на два типа:

- комбайны избирательного действия (стреловые проходческие комбайны) с последовательной обработкой поверхности забоя слоями;

- комбайны фронтального действия (буровые комбайны) с одновременной обработкой всей поверхности забоя.

2.1.1.2.1 Избирательные (стреловые) проходческие комбайны

Для проведения горных выработок обычно применяются проходческие комбайны избирательного действия со стреловидными исполнительными органами [35].

Проходческими комбайнами избирательного действия со стреловым органом разрушения можно проходить выработки любого сечения по форме (арочной, прямоугольной, трапециевидной и др.) и площади сечения (в пределах типоразмера комбайна) без смены органа разрушения или его перенастройки. Стреловыми комбайнами можно проходить горизонтальные и наклонные выработки по углю и смешанному забою с присечкой малоабразивных пород средней крепости в сложных горно-геологических условиях (сбросы, пережимы и утонение пласта, неустойчивая кровля, слабая почва и др.).

Конструкция избирательных комбайнов позволяет достаточно просто производить смену породоразрушающего инструмента и устанавливать временную крепь непосредственно у груди забоя.

Для погрузки разрушенной горной массы на конвейер комбайна наибольшее распространение в комбайнах избирательного действия получили погрузочные устройства, выполненные в виде нагребающих лап.

2.1.1.2.2 Фронтальные (буровые) проходческие комбайны

Буровые исполнительные органы производят одновременную обработку всего сечения проходческого забоя. При работе исполнительного органа такого комбайна образуется выработка круглого сечения [35]. По кинематике движения режущего инструмента выделяют два варианта их конструкции [34]:

- роторные — режущий инструмент совершает вращательное движение и одновременно подается на забой;

- планетарные — режущий инструмент, помимо вращательного и поступательного движений, совершает еще и вращательное движение относительно оси исполнительного органа.

Наиболее широкое распространение среди буровых исполнительных органов получили органы роторного типа [36].

Фронтальные (буровые) проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок

Проходческие комбайны с буровым органом разрушения предназначены для проведения подготовительных выработок и очистных работ при камерных системах отработки полезного ископаемого [5)]. Форма сечения проводимой выработки может быть арочной или овально-арочной. Комбайны с одним буровым органом или соосными роторами проходят выработку круглого сечения, которая при помощи бермовых фрез до-

[5)] Камерная система отработки предполагает, что полезное ископаемое извлекается в пределах камер, разделенных междукамерными целиками.

водится до арочной формы. Комбайны с параллельно-осевым расположением буровых органов разрушения проходят выработки овально-арочной формы.

Буровые проходческие комбайны имеют более высокую производительность, чем стреловые комбайны, но они эффективны в эксплуатации только при проведении выработок постоянного сечения в породах с относительно стабильными физико-механическими свойствами и значительной протяженности (около 2000 м).

Фронтальные (буровые) проходческие комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок

Способ восходящего бурения заключается в том, что буровой комбайн размещается на верхнем горизонте, с которого бурят пилот-скважину на нижний горизонт, а разбуривание выработки до проектного сечения производят снизу вверх специальным расширителем. Пилот-скважина дает возможность повысить точность проходки восстающей выработки. Эта схема бурения восстающих выработок получила наибольшее распространение в мировой практике.

Когда разработка полезного ископаемого ведется в восходящем порядке, применяются буровые комбайны нижнего расположения с буровыми головками обратного или прямого хода. При разбуривании выработки снизу вверх требуется увеличивать диаметр пилот-скважины для свободного удаления буровой мелочи и защищать комбайн и горнорабочих от падающей горной породы. Бурение выработки на все сечение снизу вверх требует повышенных напорных усилий и затрудняет задачу выдерживать направленность проходимой выработки. Разбуривать пилот-скважину снизу вверх можно и при расположении комбайна на верхнем горизонте.

2.1.1.3 Проведение горных выработок с помощью буровзрывных работ

Отделение крепких горных пород от массива при проведении подготовительных выработок на угольных шахтах производится с помощью буровзрывных работ. Разрушение массива горных пород в этом случае осуществляется энергией взрыва.

Буровзрывная технология проведения горных выработок включает в себя:

- бурение шпуров;
- заряжание;
- взрывание зарядов;
- погрузку горной массы;
- крепление выработки;
- вспомогательные работы (проветривание забоя, доставка материалов, прокладка трубопроводов и кабелей и т. д.) [34].

2.1.1.3.1 Бурение

Взрывные вещества размещают в специальных цилиндрических полостях, искусственно образованных в горных породах: для размещения заряда в массиве горных пород образуют полость — шпур, скважину или выработку (камеру). Диаметр шпуров обычно составляет 30–75 мм, а глубина — до 5 м. Шпуры, имеющие диаметр более 75 мм и глубину более 3 м, называют скважинами. Бурение шпуров осуществляется вручную или буровыми установками.

В подземных условиях наиболее широкое применение в горной промышленности получил механический способ бурения шпуров и скважин, при котором разрушение

горных пород производится буровым инструментом под действием механических усилий, а удаление буровой мелочи производится водой, сжатым воздухом либо воздушно-водяной смесью. При механическом разрушении породы буровой инструмент создает на груди забоя местные напряжения, превышающие предел прочности породы, что вызывает ее разрушение.

В зависимости от характера силового воздействия бурового инструмента на горную породу и схемы его работы механическое бурение может осуществляться следующими способами: вращательным, ударным, вращательно-ударным и ударно-вращательным.

Станки для бурения скважин

Бурение скважин в угольных шахтах характеризуется спецификой, связанной с высокой скоростью бурения, слабой устойчивостью пород, работой в действующих выработках во взрывоопасной среде и др. Скважины бурятся обычно по углю или породам средней крепости ($f < 8$), поэтому на всех станках реализуется вращательный способ бурения.

Буровые станки можно подразделить по назначению скважин: бурение дегазационных, разгрузочных и других технологических скважин (направленное бурение до 1000 м, дегазационные — до 300 м).

Буровые станки для угольных шахт могут быть самоходными или несамоходными, с гидравлическим механизмом подачи бурового става на забой и дистанционным управлением.

При бурении шпуров и скважин перфораторами и шарошечном бурении образуются породные частицы и пыль следующих фракций: крупная буровая мелочь (размером более 1 мм), буровая мелочь (менее 1 мм), грубодисперсная пыль (менее 10 мкм).

2.1.1.3.2 Заряжание

Подготовка к взрывным работам состоит из следующих этапов:

- изготовление зажигательной трубки при огневом способе;
- изготовление боевого патрона;
- очистка пробуренных шпуров от буровой муки;
- зарядка и забойка шпуров;
- взрывание шпуров.

2.1.1.3.3 Взрывание

В шахтах используемые взрывчатые вещества подразделяются на категории в зависимости от крепости взрываемых пород и степени влажности забоя выработок:

- А — для пород средней крепости сухих и влажных забоев: аммониты 6 и 7, динафталит;
- Б — водоустойчивые для пород средней крепости;
- В — водоустойчивые для крепких пород: аммонит 1 и 2, аммоналы, динамит 62 %.

По назначению во взрывных устройствах взрывчатые вещества делятся на два типа: рабочие, задача которых выполнить основной взрыв, и инициирующие, которые должны заставить низкочувствительные взрывчатые вещества взорваться.

К средствам взрывания зарядов в шахтах относятся:

- при огневом взрывании — огнепроводный шнур, средства его поджигания и капсюли-детонаторы;
- при электрическом — электропроводный шнур, источники тока и капсюли-электродетонаторы;
- при детонирующем — детонирующий шнур и средства его инициирования (капсюль или электродетонатор).

2.1.2 Подъемно-транспортные работы

Подъемно-транспортные работы включают в себя два вида работ:

- выемку угля из очистного забоя;
- транспортировку горной массы из забоев на поверхность земли (подземный шахтный транспорт).

2.1.2.1 Выемка угля из очистного забоя

Технология очистной выемки угля из очистного забоя представляет собой совокупность производственных процессов, выполняемых в определенной последовательности в пространстве и времени и направленных на получение готовой продукции.

Выемка угля производится следующим образом: комбайн, двигаясь по лаве, вынимает полосу угля шириной 0,8 или 1,0 м. Вслед за комбайном производится передвижка секций механизированной крепи, что обеспечивает укрепление обнаженной кровли. После выемки угля по всей длине лавы производится задвижка лавного конвейера, т. е. лавный конвейер перемещается вплотную к забою. Затем производятся концевые операции — передвижка секций крепи сопряжения, перегружателя и другие операции. На следующем этапе комбайн зарубается в пласт, и операция повторяется: выемка, передвижка секций, передвижка конвейера, заключительные операции, зарубка комбайна на новую полосу, повторяется новый цикл. Перед выемкой угля может осуществляться предварительное увлажнение угольного пласта (см. 2.1.8.1.3).

В зависимости от применяемых систем разработки комплекс работ в очистном забое состоит из следующих технологических процессов [35]:

- выемка угля (подрубка, отбойка и навалка угля на конвейер);
- доставка (транспортирование) угля вдоль очистного забоя к откаточному штреку;
- крепление призабойного пространства;
- передвижка оборудования ближе к забою по мере подвигания последнего;
- проведение работ по управлению горным давлением.

Основным процессом в технологии очистной выемки является разрушение, т. е. отделение угля от массива и дробление до кусков кондиционной крупности для удобства погрузки и транспортирования.

При подземной добыче разрушение угля осуществляется механическими средствами.

Технология с механическим разрушением угля может осуществляться с постоянным присутствием рабочих в очистном забое и без постоянного их присутствия.

Очистные работы и поддержание обнаженных пород в призабойном пространстве осуществляются с помощью механизированного очистного комплекса.

Механизированным очистным (добычным) комплексом называют совокупность взаимно увязанных по своим параметрам и кинематическим связям машин и оборудования, обеспечивающих комплексную механизацию процессов выемки угля при местном управлении ими. В комплексах допускается замена одного типа оборудования другим (например, комбайнов, крепи).

Механизированный очистной комплекс механизирует отбойку, погрузку и транспортирование угля по лаве, передвижку конвейера на новую дорогу, крепление лавы и управление кровлей.

В механизированный комплекс входят [37]:

- выемочная машина (узкозахватный комбайн, струговая установка и т. д.);
- забойный (лавный) конвейер;
- механизированная крепь;
- различное вспомогательное оборудование (крепь сопряжения, кабелеукладчики, системы орошения и пылеотсоса, вентиляционное оборудование и т. д.).

Технологический цикл работ по добыче угля в длинном очистном забое состоит из трех основных процессов:

- выемки угля (разрушение и погрузка);
- доставки угля из забоя к погрузочному пункту в штреке;
- крепления и управления горным давлением.

Соответственно этому каждый процесс выполняется выемочной машиной, доставочной машиной (забойным конвейером) в сочетании с конвейерным перегружателем, а также механизированной крепью.

2.1.2.1.1 Выемочная машина

Выемочная машина осуществляет разрушение массива, дробление угля на транспортабельные куски, передачу горной массы на призабойное транспортное средство.

К выемочным машинам, осуществляющим разрушение угля механическим способом посредством исполнительных органов, относятся:

- очистные комбайны;
- струговые установки;
- бурошнековые машины;
- проходческие комбайны.

Очистной угольный комбайн — добычные машины длинных очистных забоев, входящие в современный комплекс оборудования с механизированной передвижной крепью, которые механизируют операции по отделению полезного ископаемого от массива и погрузке его на забойный конвейер.

Очистной комбайн

Очистные комбайны работают в очистных забоях (лавах) и предназначены для отделения от массива (выемки) угля и погрузки отделенной горной массы на забойный конвейер. Очистные комбайны для крутых и крутонаклонных пластов обеспечивают выполнение только первой функции, поскольку транспортирование горной массы для этих условий осуществляется самотеком за счет гравитационных сил.

Очистные комбайны делятся на:

- широкозахватные (ширина захвата исполнительного органа более 1,0 м);

- узкозахватные (ширина захвата исполнительного органа менее 1,0 м).

В свою очередь, узкозахватные комбайны имеют стандартный ряд ширины захвата: 0,5; 0,63; 0,7; 0,8 м. В настоящее время применяются в основном узкозахватные комбайны.

Комбайн работает с рамы забойного конвейера. Перемещение комбайна осуществляется подающей частью по реечному ставу закрепленного на навесном оборудовании забойного конвейера. При работе комбайна оба шнека разрушают угольный массив и грузят уголь на забойный конвейер. Уголь, остающийся на почве после прохода шнеков, грузится щитом, расположенным позади шнеков. Управление шнеками по мощности пласта осуществляется домкратами подъема.

Современный очистной комбайн состоит из следующих основных систем:

- корпусная система, предназначенная для объединения отдельных корпусных узлов в конструктивно целостный технический объект, а также для выполнения ряда других функций;

- система привода исполнительного органа, предназначенная для обеспечения движения этого органа с задаваемыми скоростями резания и необходимыми моментами;

- система перемещения, предназначенная для обеспечения перемещения (подачи) корпусной подсистемы комбайна с требуемыми значениями скоростей и усилий;

- система подвески и перемещения исполнительного органа, предназначенная для:

а) основных и регулировочных перемещений исполнительного органа относительно основных жестко соединенных узлов корпусной подсистемы с требуемыми значениями скоростей и усилий;

б) поддержания заданного положения исполнительного органа относительно указанных выше узлов;

- система управления для осуществления функций управления, защиты, контроля и диагностики на основе соответствующей аппаратуры и компьютерных устройств, с которыми взаимодействуют операторы;

- система пылеподавления.

Технологические схемы при отработке забоев очистными комбайнами

При отработке забоев очистными комбайнами применяются две схемы [35]:

- челноковая схема, при которой комбайн производит выемку угля при движении в обоих направлениях;

- односторонняя схема, при которой комбайн производит выемку угля при движении только в одном направлении, а в другом осуществляется перегон комбайна.

Выемочная машина струговой установки

Выемочная машина струговой установки, в отличие от очистных комбайнов, разрушает уголь резанием с поверхности забоя вдоль линии напластования угля с постоянной или переменной (в зависимости от сопротивляемости угля резанию) глубиной резания (толщиной угольной стружки).

Эффективной механизацией для выемки угля из тонких пластов являются струговые установки. К преимуществам данного способа относится возможность эффективной механизации выемки из тонких пластов, простота конструкции, хорошая сортность добываемого угля.

Применение струговой выемки осложняется и даже становится невозможным при наличии в пласте крупных крепких включений колчедана, кварцита, породных прослойков, а также при наличии у кровли пласта крепкого слоя угля, для разрушения которого необходимо предварительное проведение буровзрывных работ, что осложняет организацию работ в очистном забое. Наличие в нижней части пласта крепкого слоя угля (земника) и слабая неровная почва также препятствуют применению струговой выемки.

По сравнению с выемкой комбайнами при струговой выемке обеспечиваются:

- эффективный способ разрушения угольного пласта резанием вдоль напластования с глубиной резания, достигающей 100 мм (при слабых углях), в наиболее отжатой зоне угольного пласта — с поверхности забоя. Это обеспечивает минимальную энергоемкость процесса разрушения угля, высокую сортность добываемого угля при небольшом пылеобразовании;

- более безопасные условия для отработки пластов, опасных по газу и пыли и особенно по внезапным выбросам угля и газа;

- возможность эффективной выемки весьма тонких пластов мощностью 0,4–0,7 м;

- более простая схема организации работ по длине лавы;

- менее сложные средства комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в очистном забое.

- относительная простота и надежность конструкции собственно стругового исполнительного органа, представляющего собой литой корпус с закрепленными на нем резцами. На исполнительном органе струговой установки нет электро- или гидродвигателей, трансмиссии;

- приводы струга находятся на рамах приводных головок конвейера, расположенных на штреках или по концам забоя, что упрощает их техническое обслуживание. При выносе приводных головок струга и конвейера на штреки исключается необходимость предварительной выемки ниш;

- отсутствует необходимость перемещения машиниста струга вдоль очистного забоя вслед за перемещением струга, что существенно уменьшает физическую тяжесть и напряженность его труда.

К недостаткам струговой выемки относятся:

- ограниченная область применения по сопротивляемости угля резанию и наличию в пластах крупных крепких включений колчедана, кварцита, породных прослойков;

- геологические нарушения пласта, наличие спаянности («присухи») верхней пачки пласта с породами кровли, слабые породы кровли и почвы, которые усложняют, а в ряде случаев делают невозможным эксплуатацию стругов;

- неуправляемый процесс обрушения верхней пачки угля под действием веса и горного давления, что затрудняет применение совместно со стругами механизированных крепей;

- низкий КПД стругов из-за больших потерь на трение струга о почву и став забойного конвейера.

2.1.2.1.2 Секции крепи

Крепление очистных забоев и штреков является одним из основных производственных процессов при подземной разработке угля. Породы кровли над призабойным и выработанным пространством можно рассматривать как плиту, один конец которой закреплен в угольном массиве, а другой — свешивается в виде консоли и может обрушиться. Для его поддержания устанавливают крепь, которая по мере подвигания забоя перемещается, освобожденная от крепи часть консольной плиты обрушается в выработанное пространство.

Для крепления очистных выработок и управления кровлей применяют механизированные крепи, предназначенные для крепления и ограждения рабочего пространства очистного забоя от проникновения в него обрушенных пород кровли и управления горным давлением. Механизированная крепь состоит из линейных секций, распределительной и контрольно-регулирующей гидроаппаратуры и гидрокоммуникаций.

Секция механизированной крепи — это элемент крепи, сохраняющий свою целостность при передвижении и состоящий обычно из основания, гидравлических стоек (до двух стоек в секции), связанных перекрытием у кровли пласта, гидродомкратов передвижения (одного или двух), блока управления потоком рабочей жидкости и гидрокоммуникаций. Секция имеет оградительный элемент, защищающий рабочее пространство от проникновения в него обрушенной породы кровли.

Секции располагаются по всей длине лавы и передвигаются к забою по мере выемки угля вслед за комбайном одна за другой через одну с последующим подтягиванием непередвинутых.

Операции, выполняемые линейными секциями, одинаковы почти для всех механизированных крепей: разгрузка (снятие распора) гидростоек, передвижение секции, распор гидростоек, передвижение забойного конвейера и поддержание пород кровли.

Для передвижки секции производят разгрузку ее стоек соединением поршневых полостей стоек со сливной магистралью через управляемый обратно-разгрузочный клапан. Одновременно производится подача рабочей жидкости в штоковую полость.

По технологическим критериям механизированные крепи можно классифицировать по способу перемещения всей крепи комплекса — фронтальное сразу по всему фронту забоя (непрерывное или цикличное).

Передвижка секций механизированных крепей

Для передвижки секций механизированных крепей применяют три основных способа: лиейный, шахматный и групповой [38].

2.1.2.1.3 Забойный (лавный) конвейер

Забойные конвейеры служат для приема и транспортирования горной массы в забоях шахт. В длинных забоях, как правило, применяются скребковые забойные конвейеры, в узких — ленточные [37].

Ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры служат для транспортирования угля и пустой породы и породы из проходческих, вскрышных и добычных забоев по горизонтальным и наклонным выработкам внутри горных предприятий, для подъема их на поверхность и для последующего перемещения к обогатительной фабрике, к погрузочному пункту внешнего

транспорта или непосредственно к потребителю, а породы — в отвал. Представляет собой конструкцию, состоящую из опорных стоек, приводного и натяжного барабанов, приводного оборудования, промежуточных опорных роликов и кольцевой ленты, по которой непосредственно перемещаются грузы.

Производительность ленточных конвейеров зависит от ширины и скорости движения конвейерной ленты.

Несущим и тяговым органом ленточного конвейера общего назначения является замкнутая (бесконечная) гибкая лента, опирающаяся своими рабочей и холостой ветвями на роликовые опоры и огибающая на концах конвейера приводной и натяжной барабаны. Передача движения ленте осуществляется фрикционным способом от приводного барабана.

Необходимое первоначальное натяжение на сбегающей ветви ленты создается натяжным барабаном при помощи натяжного устройства, которое в основном выполняют грузовым. Ленты загружают сыпучим материалом через загрузочную воронку, устанавливаемую обычно в начале конвейера у концевого барабана. Разгрузка ленты может быть концевой с приводного барабана или промежуточной, для чего используют передвижную разгрузочную тележку или стационарные плужковые сбрасыватели.

Направление потока, сбрасываемого с барабана материала, обеспечивается разгрузочной коробкой.

Скребковые конвейеры

На угольных шахтах для доставки угля в длинных очистных забоях на пологих и наклонных пластах применяют скребковые конвейеры. Они относительно просты по конструкции, пригодны к тяжелым условиям эксплуатации, приспособлены для работы с очистными комбайнами, стругами и механизированными крепями и являются базой современных механизированных комплексов.

Забойные скребковые конвейеры предназначены для транспортирования (доставки) отбитого и погруженного угля вдоль очистного забоя в конвейерный штрек. Став конвейера является базой для передвижения комбайна и подтягивания секций лавной крепи.

Скребковые конвейеры обладают большой производительностью и могут доставлять уголь как вниз по падению пласта (под углом до 20°–35°), так и вверх по восстанию (под углом до 12°).

Скребковый конвейер состоит из двух желобов (рештачный или конвейерный став), тягового органа и двух концевых конструкций — приводной и натяжной головок.

Став конвейера состоит из линейных рештаков, бортов и переходных секций. Линейные рештаки соединяются между собой специальными замками, допускающими изгиб рештаков относительно друг друга в горизонтальной и вертикальной плоскостях под углом до 3°, а к раме приводной и концевой головок подсоединяются через переходные секции.

К нижним полкам боковин линейной секции приварены две поперечные лыжи, к концам которых с забойной стороны прикреплены подборщики, которые зачищают почву комбайновой дорожки при передвижке конвейера и являются опорой для забойной лыжи комбайна. С завальной стороны к подборщикам крепят борт с желобом для кабелеукладчика.

Став конвейера имеет прочную конструкцию, допускающую работу выемочной машины непосредственно с его рамы. Он же служит базовой балкой для самопередвигающейся гидравлической крепи.

Тяговым органом конвейера являются две круглозвенные цепи со скребками. Отдельные отрезки цепи соединены между собой специальными соединительными звеньями. Тяговые замкнутые (бесконечные) цепи со скребками, двигаясь по дну верхнего желоба, перемещают погруженный на конвейер уголь и сбрасывают его при огибании ведущей звездочки приводной головки.

Скребковые конвейеры, применяемые для транспортирования угля в лавах, необходимо перемещать вслед за подвиганием очистного забоя.

2.1.2.1.4 Конвейерные перегружатели

Перегружатели — это специальные конвейеры для сопряжения забойного конвейера со средствами транспорта по штреку.

Перегружатели обеспечивают непрерывность процесса погрузки горной массы в партию вагонеток. Их различают:

- по типу исполнительного органа — ленточные и скребковые;
- по способу передвижения к забою — несамоходные и телескопические;
- по способности к изгибу в горизонтальной плоскости — изгибающиеся и неизгибающиеся;
- по виду поддерживающих устройств — опирающиеся на почву выработки, подвешенные к крепи и смешанные.

В качестве одного из эффективных средств сокращения простоев погрузочной машины при операциях обмена применяются ленточные или скребковые перегружатели.

Скребковые конвейерные перегружатели на угольных шахтах представляют собой приставные и надвижные конструкции, устанавливаемые под конвейером очистного забоя в хвостовой части ленточного штрекового конвейера. Приставные перегружатели используют с ленточными телескопическими конвейерами. Надвижные перегружатели, имеющие надвижную головную часть, обеспечивают непрерывное продвигание лавы на некоторую длину без укорачивания или удлинения штрекового ленточного конвейера. По мере продвигания лавы перегружатели конвейерные перемещают по почве с помощью лебедок или домкратов. Производительность конвейерных скребковых перегружателей — 200–600 т/ч.

Ленточные перегружатели в основном используют при проведении подготовительных выработок комбайновым или буровзрывным способом; их устанавливают между проходческим комбайном или погрузочной машиной и основным транспортным средством. Ленточные перегружатели изготавливают самоходными (с электрическим или пневматическим приводом) или несамоходными, перемещаемыми с помощью проходческого комбайна или погрузочной машины.

Ширина ленты подземных конвейерных перегружателей составляет 650–800 мм, производительность — 180–300 м^3/ч [37].

2.1.2.2 Шахтный транспорт подземный

2.1.2.2.1 Основные виды транспорта

В зависимости от вида перевозимого груза шахтный транспорт разделяют на основной, предназначенный для перемещения угля и пустой породы, и вспомогательный — для перемещения горного оборудования, различных материалов и людей.

К основным видам подземного транспорта относятся:

- конвейерный;
- рельсовый;
- безрельсовый самоходный;
- монорельсовый;
- канатный подвесной.

Оборудование конвейерного транспорта различается в зависимости от основного назначения и горнотехнических условий:

- ленточные конвейеры обычной конструкции — применяются для транспортирования (основное назначение) угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев. Применяются в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона от −16° до +18°;

- крутонаклонные ленточные конвейеры — применяются для транспортирования угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев. Применяются в наклонных выработках с углами наклона до −25° или +35°;

- телескопические ленточные конвейеры — также применяются для транспортирования угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев. Применяются в укорачивающихся или удлиняющихся вслед за подвиганием очистных или подготовительных (проходческих) забоев горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона от −10° до +10°;

- грузопассажирские ленточные конвейеры — применяются при транспортировке угля, породы и горной массы и перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до 18°;

- пластинчатые изгибающиеся конвейеры — применяются при транспортировке угля от очистных забоев в горизонтальных выработках;

- скребковые конвейеры — применяются при транспортировке угля, породы и горной массы от очистных и подготовительных забоев в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 35° при небольшой длине транспортирования (до 100–150 м).

Рельсовый транспорт:

- электровозы, дизелевозы — применяются при транспортировке составов вагонеток и секционных поездов с углем, породой, горной массой, оборудованием и материалами, а также пассажирских составов в горизонтальных выработках;

- инерционные локомотивы (гировозы) — применяются при перевозке материалов, оборудования и людей в вентиляционных горизонтальных выработках;

- канатная откатка в вагонетках — применяется при транспортировке составов вагонеток с углем, породой или горной массой, материалами и оборудованием, а также пассажирских поездов во вспомогательных наклонных выработках с углами наклона от 10° до 30°;

- канатная откатка в скипах — применяется при транспортировке угля, породы или горной массы в наклонных выработках с углами наклона свыше 18°;

- напочвенные канатные дороги — применяются при транспортировке составов вагонеток с углем, породой или горной массой, материалами и оборудованием, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках знакопеременного профиля до 20°.

Безрельсовый самоходный транспорт:

- грузовые самоходные вагонетки — применяются при транспортировке угля, породы и горной массы в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 12°;

- тягачи с прицепными платформами — применяются при транспортировке материалов и оборудования в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 12°;

- грузолюдские самоходные вагонетки — применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 12°.

Монорельсовый транспорт:

- монорельсовые дороги с канатной тягой — применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до +35°;

- монорельсовые дороги с подвесными локомотивами — применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 20°;

Канатный подвесной транспорт:

- моноканатные подвесные дороги — применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 25°;

- двухканатные подвесные дороги — применяются при транспортировке материалов, оборудования в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 15° [39].

Перемещение угольной массы в шахте от забоя до околоствольного двора или на поверхность осуществляют одними или несколькими видами транспортных машин с перегрузкой с одного вида транспорта на другой. Цепь взаимосвязанных транспортных машин и механизмов, обеспечивающих перемещение угольной массы, представляет собой транспортный комплекс, при различных видах транспортных машин — комбинированный транспортный комплекс (комбинированный шахтный транспорт) [37].

Транспортный комплекс подземного транспорта состоит из участкового и магистрального.

На пластах с углом падения $\alpha \leq 18$:

- участковый транспорт практически полностью конвейеризирован: доставка угля из очистных забоев осуществляется скребковыми конвейерами, по штрекам и наклонным выработкам — ленточными конвейерами; доставка материалов, оборудования и людей — аккумуляторными электровозами и напочвенными и монорельсовыми канатными дорогами, монорельсовыми дорогами с подвесными дизель-гидравлическими локомотивами;

- магистральный транспорт осуществляется:

- по горизонтальным выработкам: ленточные конвейеры, электровозная откатка (75 % — 80 % аккумуляторными электровозами);

- по наклонным выработкам: ленточные конвейеры, канатная откатка.

На пластах с углом падения $\alpha > 18$:

- участковый транспорт представлен локомотивной откаткой грузов;

- транспорт по наклонным выработкам — канатной откаткой (в вагонетках, скипах).

2.1.2.2.2 Транспортировка угля от забоя к местам погрузки

Для транспортировки угля от забоя к местам погрузки в вагонетки применяются следующие виды механической доставки:

- скреперная;
- самоходным оборудованием;
- питателями;
- конвейерами.

Скреперная установка представляет собой транспортное средство периодического действия, состоящее из скребковой лебедки, скрепера, головного и хвостового канатов, концевого и поддерживающего блоков. К месту погрузки скрепер перемещается с помощью концевого каната. Двигаясь в обратном направлении с помощью головного каната, скрепер, внедряясь в рыхлую породу, самозагружается и доставляет ее волоком к месту разгрузки. Скреперование осуществляется по добавочным выработкам, куда уголь поступает по выпускным выработкам под действием собственного веса.

Самоходным называют безрельсовое оборудование, имеющее самостоятельный привод для передвижения на шинном или на гусеничном ходу. Самоходные машины подразделяются на:

- погрузочные;
- доставочные;
- погрузочно-транспортные.

Погрузочные машины осуществляют только погрузку угольной массы в транспортные средства. К ним относятся машины с нагребающими лапами, подземные экскаваторы и ковшовые погрузчики.

К доставочным машинам, осуществляющим доставку угольной массы, относятся подземные автосамосвалы и самоходные вагонетки. Самоходная вагонетка на пневматическом ходу представляет собой короб длиной 8–10 м, в дне которого смонтирован скребковый или пластинчатый конвейер, обеспечивающий равномерность распределения горной массы при загрузке и последующую выгрузку из вагонетки. Автосамосвалы на подземных работах используют для доставки и транспортирования угля на значительные расстояния. В основном используются автосамосвалы с опрокидным кузовом.

Погрузочно-транспортировочные машины совмещают в себе функции погрузочных и доставочных машин. Они оборудованы ковшовыми погрузчиками, доставка угольной массы осуществляется либо в бункерах машины, либо непосредственно в ковше.

Питатели представляют собой короткие конвейеры длиной 6–8 м, служащие для погрузки угля в другие средства механизированной доставки или непосредственно в вагонетки.

Для доставки угля применяются скребковые и ленточные конвейеры. Они служат для доставки угольной массы до других средств механизированной доставки. На базе конвейеров возможна поточная транспортировка угольной массы от блока до поверхности.

2.1.3 Транспортировка горной массы

В данном разделе рассматривается шахтный транспорт поверхности (в надшахтных зданиях, породных отвалах, складах).

2.1.3.1 Технологический комплекс

Технологический комплекс поверхности шахты представляет собой комплекс зданий, сооружений и оборудования, предназначенных для подъема, приема, переработки, взвешивания и отправки потребителям угля, приема и складирования породы, подачи воздуха в шахту (при необходимости его кондиционирования) для проветривания подземных выработок, обеспечения горных работ электро- или пневмоэнергией, бытового обслуживания трудящихся и для очистки шахтных вод.

Технологический комплекс состоит из трех основных блоков:

- главного ствола;
- вспомогательного ствола;
- угольного погрузочно-складского комплекса.

В здании комплекса главного ствола производятся прием угля и предварительная его обработка (удаление посторонних предметов и дробление). Главный ствол может быть вертикальным или наклонным. На современных шахтах выдача угля на поверхность по вертикальным стволам производится скиповыми подъемниками. По этим же стволам и выдается порода. По главным наклонным стволам уголь выдается ленточными конвейерами, которыми на некоторых шахтах транспортируется (в свободное время от выдачи угля) порода.

Надшахтное здание главного ствола соединяется с погрузочно-складским комплексом для угля ленточными конвейерами, установленными в соединительных конвейерных галереях (наклонных и горизонтальных).

Блок вспомогательного (клетевого) ствола обслуживает спуск и подъем людей, спуск крепежных и других материалов и оборудования, откатку и обмен вагонеток в клетях на поверхности. В состав блока вспомогательного ствола включают копер, комплекс по обмену вагонеток, помещения ремонтных мастерских, материальные склады, калориферную и компрессорную, если на шахте используется энергия сжатого воздуха. Этим подъемом в большинстве случаев производится также выдача породы.

В состав погрузочно-складского комплекса для угля входят погрузочные бункера, пункты и устройства для погрузки угля в железнодорожные вагоны, а также склады угля (открытые и закрытые). Склады предназначены для приема угля из шахты при заполненных бункерах и перебоях в подаче подвижного состава под погрузку, а также для хранения недефицитных и некондиционных марок угля. Породный комплекс состоит из

погрузочных бункеров, из которых производится погрузка породы в подвижной состав для принятого вида транспорта, транспортных устройств и собственно отвала породы.

В технологическом комплексе поверхности шахты расположен лабораторный комплекс оценки качества угля, осуществляющий анализ изменения состава и параметров угля и продуктов обогащения.

2.1.3.2 Транспорт на поверхностных комплексах

Традиционными видами транспорта на поверхностных комплексах действующих шахт являются:

- гравитационный;
- конвейерный;
- железнодорожный (широкой и узкой колеи);
- прочие (автомобильный и т. д.).

В зависимости от расстояния транспортировку угля можно подразделить на два типа:

- транспортировка угля между зданиями технологического комплекса поверхности шахты. При данном типе транспортировки применяются самотечный, конвейерный транспорт и элеваторы [37]. Преимущественно используются ленточные конвейеры, а в качестве вспомогательных устройств конвейерных комплексов — различного рода питатели, устройства для улавливания магнитных включений и взвешивания материала в процессе его транспортирования;
- транспортировка угля на расстояние в несколько километров для доставки на центральные обогатительные фабрики, железнодорожные станции и электростанции. К наиболее приемлемым средствам транспорта на данное расстояние относятся железнодорожный транспорт (обычно широкой колеи) и ленточные конвейеры.

2.1.4 Складирование угля и отходов производства

Данные вопросы рассмотрены в соответствующих частях справочника НДТ при рассмотрении добычи угля открытым способом (см. 2.2.4 и 2.2.7.3).

2.1.5 Контроль качества угля [6)]

Контроль качества угля на шахтах и разрезах осуществляют по пробам угля, отобранным из пластов. Кроме того, на шахтах, разрезах и обогатительных фабриках осуществляют контроль по пробам, отобранным из товарного угля. Процесс отбора пластовых проб регламентируется ГОСТ 9815—75, проб товарного угля — ГОСТ 10742—71. Отобранные пробы направляются на проборазделочные машины, которые способны обрабатывать уголь крупностью до 300 мм.

В лабораториях для оценки качества угля применяется много вспомогательного оборудования: дробилки, делители проб, истиратели, просеивающие машины, сита, грохоты, печи, сушильные шкафы, питатели, центрифуги, встряхиватели и т. д.

[6)] Данный подраздел является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

Для контроля массы поступающего угля применяются весы.

Непосредственно для контроля качества угля применяется многочисленное измерительное оборудование, в том числе: калориметры, влагомеры, анализаторы зольности, серы и углерода, анализаторы термогравиметрические, пластометрические аппараты и т. д.

2.1.6 Вентиляция и дегазация

Согласно технике безопасности рудничный воздух должен содержать по объему не менее 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа. Концентрация метана должна составлять не более 0,5 % — 2 % — в вентиляционных струях угольных шахт (в отводящих, дегазационных трубопроводах и газодренажных выработках допустима более высокая концентрация) [40]. Данные предельные допустимые значения концентрации метана в вентиляционных струях достаточно низки, что ограничивает возможность экономически оправданного каптирования и утилизации метана в промышленных масштабах. В связи с этим бороться с метаном как с загрязнителем целесообразно, только откачивая его изолированно из угольного пласта и выработанного пространства. Подобная схема препятствует выбросам метана через трещины и разрушения, а также снижает риск возникновения нештатных ситуаций в зоне добычи угля и подходов к ней.

Таким образом, к задачам вентиляции подземных выработок относятся:

- обеспечение выработок пригодным для дыхания воздухом;
- поддержание в них нормальной температуры и влажности;
- метаноотведение.

Проведение дегазации в целях снижения концентрации взрывоопасных газов (главным образом метана) в действующих горных выработках до установленных норм предусмотрено требованиями статьи 14 Федерального закона от 20.06.1996 № 81-ФЗ «О государственном регулировании в области добычи и использовании угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности».

Проветривание горных выработок шахты обеспечивается с помощью непрерывно работающих вентиляторных установок — вентиляторов главного проветривания (ВГП) и вспомогательных вентиляторных установок (ВВУ).

За счет диффузии организуется проветривание тупиковых горных выработок газовых шахт длиной до 6 м, а негазовых шахт — длиной до 10 м. При этом максимально допустимая скорость воздуха в лавах и тупиковых выработках не должна превышать 4 м/с, а в прочих горных выработках, проведенных по углю и породе, — не более 6 м/с.

Очистные забои проветривают за счет общешахтной депрессии, создаваемой вентиляторами главного проветривания и вспомогательными вентиляторными установками. В качестве главных вентиляторов на шахтах применяют осевые и центробежные вентиляторы, обеспечивающие проветривание горных выработок всей шахты или ее части. Вспомогательные вентиляторные установки служат для проветривания выемочных участков и отдельных горных выработок шахты. Срок их эксплуатации не должен превышать трех лет [40].

Основные схемы вентиляции шахты — центральная и фланговая; их сочетание — комбинированная схема.

При центральной схеме вентиляции шахты воздух поступает в шахту и выходит из нее через стволы в центре шахтного поля. Схема применяется при ограниченных размерах шахтного поля по простиранию и относительно небольшой мощности шахты, ведении работ на глубоких горизонтах; обеспечивает быстрый ввод в действие главного вентилятора и создание сквозной струи при строительстве шахты; характеризуется большой протяженностью пути движения воздуха, наличием параллельных струй чистого и загрязненного воздуха, их неоднократными пересечениями.

При фланговой схеме вентиляции шахты воздух поступает в шахту через ствол в центре шахтного поля, выходит через стволы, расположенные на флангах. Схема применяется на неглубоких шахтах, когда невозможно или нецелесообразно поддерживать единый вентиляционный горизонт; практически исключает встречное движение поступающей и исходящей струй; длина пути движения воздуха меньше, чем при центральной схеме. Однако по фланговой схеме требуется не менее трех вентиляционных стволов и обычно не менее двух вентиляторных установок; в период подготовки шахтного поля вентиляция шахты затруднена.

При комбинированном способе вентиляции шахты один вентилятор работает на нагнетание, другой — на всасывание [37].

Проветривание тупиковых горных выработок осложнено — подача атмосферного (свежего) воздуха в такую выработку или удаление из нее загрязненного рудничного воздуха осуществляется, как правило, вентиляторами по трубам достаточно большого диаметра, проложенным в этих выработках. При остановке вентилятора или нарушении проветривания забоя автоматически отключается электроэнергия, подаваемая к механизмам во всей тупиковой выработке.

В зависимости от направления подачи свежего воздуха вентиляторами главного проветривания различают три способа проветривания горных выработок для удаления метана и иных газов без их улавливания [41]:

- нагнетательный;
- всасывающий;
- комбинированный.

Нагнетательный способ проветривания

Нагнетательный способ проветривания шахты представляет собой подачу свежего воздуха в шахту нагнетательными ВГП и (или) ВВУ. Свежий воздух проходит через ВГП или ВВУ, а затем перемещается по горным выработкам и выбрасывается на поверхность за счет «компрессии», создаваемой ВГП и (или) ВВУ.

Технология нагнетательного способа проветривания подготовительного забоя представляет собой подачу свежего воздуха к забою выработки по трубам при помощи вентилятора местного проветривания, работающего в режиме нагнетания.

Свежий воздух интенсивно перемешивается с рудничными газами, а затем этот рудничный воздух перемещается в горные выработки с общешахтной исходящей струей воздуха и выбрасывается на поверхность.

Всасывающий способ проветривания

Технология всасывающего способа проветривания шахты представляет собой подачу свежего воздуха в шахту по горной выработке, имеющей выход на поверхность, за счет депрессии, создаваемой всасывающими ВГП и (или) ВВУ. Рудничный воздух перемещается в горные выработки с общешахтной исходящей струей воздуха, а затем выбрасывается на поверхность ВГП или ВВУ.

Технология всасывающего способа проветривания подготовительной выработки представляет собой подачу свежего воздуха к забою выработки по самой подготовительной выработке, а рудничный воздух удаляется по трубам при помощи вентилятора местного проветривания, работающего в режиме всасывания, а затем выбрасывается в горные выработки с общешахтной исходящей струей воздуха и на поверхность.

Комбинированный способ проветривания

Комбинированный способ проветривания — сочетание технологий нагнетательного и всасывающего способов проветривания шахты и подготовительной выработки.

Оборудование

Вентиляторы

Для проветривания выработок применяют осевые и центробежные вентиляторы.

Вентиляционные трубы

При вентиляции горных выработок применяют гибкие и жесткие трубы из синтетических тканей, пластмасс и металла. Для проветривания обычно используют вентиляционные трубы диаметром 300–1000 мм. Звенья труб соединяются фланцевыми соединениями, стальными кольцами или муфтами [42].

Калориферы

Для подогрева воздуха, поступающего в шахту в холодное время года, применяются калориферы.

Датчики метана

Датчики метана предназначены для непрерывного мониторинга содержания метана в рудничном воздухе с точностью до ±0,2 % (при концентрации до 5 %). В зависимости от модификации датчики могут определять содержание в рудничном воздухе иных газов (оксид углерода, диоксид углерода, кислород, водород, датчики суммарной концентрации горючих газов).

Дегазационные установки

Дегазационные установки устанавливаются в опасных по метану шахтах с целью отвода метана из скважин, пробуренных в угольный пласт, в сближенные угольные пласты и в выработанное пространство.

Осланцеватели

Осланцеватели применяются для искусственного озоления взрывчатой пыли, оседающей в подземных горных выработках, путем добавления к ней негорючей пыли. В качестве негорючей пыли используют измельченный сланец или известняк, который с помощью осланцевателей наносится на поверхности горных выработок.

Выбор оборудования для проветривания горной выработки производят в соответствии с результатом расчета вентиляции тупиковых выработок, учитывающего следующие факторы:

- метановыделение;
- необходимый уровень разбавления ядовитых газов после проведения взрывных работ;
- максимальное число работающих в забое людей;
- минимальную скорость движения воздуха по выработке;
- тепловой и пылевой режимы;
- мощность машин и оборудования [41].

2.1.7 Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение

Для защиты подземных выработок должны предусматриваться устройства и установки для водоотлива и отвода откачиваемых вод к местам их сброса.

До начала проходки стволов и подготовительных выработок в случаях непосредственной угрозы прорывов в подземные выработки воды и горных пород устанавливаются внешахтные водопонизительные системы и противофильтрационные завесы, устраиваемые в соответствии с требованиями СНиП 2.06.14-85 [97]. Водопонизительные системы могут проектироваться с применением открытых и вакуумных водопонизительных скважин, иглофильтров, пластовых, траншейных и трубчатых дренажей, подземных дренажных выработок. Учитывая необходимые значительные затраты при определении набора мероприятий необходимо учитывать капитальные и эксплутационные затраты и целесообразность проведения данных мероприятий.

Водосбор и водоотлив осуществляют следующим образом: вода со всей системы горных выработок собирается с помощью канав в специальные выработки — водосборники, находящиеся при насосных станциях, и удаляется на земную поверхность насосами по трубопроводам или самотеком, если позволяют условия.

При подземной разработке месторождений могут применяться в зависимости от водопритока и порядка отработки залежи различные схемы водоотлива:

- непосредственный водоотлив с каждого горизонта: при значительных водопритоках в случае одновременной работы всех горизонтов насосные станции устанавливают на всех рабочих горизонтах, и откачку воды на земную поверхность ведут из водосборников каждого горизонта отдельной водоотливной системой;

- перекачка воды на вышележащие горизонты: при последовательной отработке горизонтов воду собирают в водосборники на каждом горизонте, перекачивают ступенчато в водосборники на вышележащих горизонтах и затем выдают на земную поверхность;

- спуск воды с вышележащего горизонта и откачка на земную поверхность: при небольших водопритоках возможен перепуск воды в водосборник на нижнем горизонте с последующей ее откачкой на земную поверхность;

- спуск воды в штольню: в случае вскрытия залежи полезного ископаемого штольней и слепым стволом воду можно перепускать из водосборников вышележащих горизонтов самотеком в водосборник штольневого горизонта, из которого она самотеком или с перекачкой будет выдаваться по штольне на земную поверхность;

- бурение опережающих скважин и дренажных выработок, обеспечивающих постоянное опережающее (по отношению к горным работам) понижение уровня подземных вод.

Различают главный водоотлив, устраиваемый в камере околоствольного двора для откачки на земную поверхность всего притока воды в шахту, и вспомогательный — для перекачки воды с отдельных участков шахты к водосборникам главного водоотлива.

Система водоотлива включает в себя сеть водоотводных канавок, участковые и главные водосборники, насосные станции, вспомогательные устройства (водотрубные ходки, перемычки и т. п.), устройства автоматизации и контроля.

Водоотводные канавки устраивают в горизонтальных и наклонных горных выработках для сбора и отвода воды к водосборникам. Вода всегда движется по направлению к шахтному стволу или устью штольни, т. е. к выходам на земную поверхность.

Водосборники должны иметь не менее двух выходов на откаточные выработки [43]. В шахтах, опасных по прорыву воды, вместимость водосборников главных и участковых водоотливных установок нужно рассчитывать соответственно на восьми- и четырехчасовой приток воды, для остальных шахт — на четырех- и двухчасовой водоприток.

Для откачки на поверхность используют электрические или пневматические насосы, которые отводят воду по трубопроводам. Для обеспечения высокого давления используют стационарные насосные установки, размещенные в выработках около стволов.

Водоснабжение в угольных шахтах осуществляется для обеспечения орошения и иных методов предотвращения загрязнения атмосферного воздуха, а также для обеспечения противопожарной защиты.

2.1.8 Природоохранные технологии

2.1.8.1 Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха

2.1.8.1.1 Основные положения

При проведении горных выработок основными загрязняющими веществами, которые выбрасываются в воздух, являются метан и пыль неорганическая.

Основная масса метана (в концентрациях, существенно влияющих на чистоту атмосферного воздуха) выделяется в отработанном пространстве. В связи с этим наиболее распространенными технологиями борьбы с эмиссией метана являются изоляция отработанного пространства и применение дегазационных установок. Извлечение метана из вентиляционных потоков угольных является крайне затруднительной задачей, решение которой в большинстве случае нецелесообразно с экономической точки зрения. При этом извлечение метана из вентиляционных потоков не способствует росту безопасности труда, поскольку системы вентиляции отводят метан из горных выработок вне зависимости от того, утилизируется ли он впоследствии или нет. При этом установки для улавливания метана предполагают его утилизацию не в шахте (см. 2.1.6), а в надшахтных сооружениях.

При этом в значительных концентрациях метан присутствует далеко не на всех шахтах, поэтому специальные меры для борьбы с ним должны применяться на всех шахтах, где это необходимо с точки зрения безопасности и технологии.

Основная масса пыли образуется при ведении добычных работ и проведении выработок, а также при погрузке и транспортировке горной породы. Большая часть пыли, образующейся при добыче угля подземным способом, осаждается под действием орошения комбайнов при отбойке угля, водяных завес на исходящих струях. Однако определенное количество пыли попадает в системы вентиляции и воздухоочистки и выбрасывается в атмосферу. Кроме того, при шахтной добыче осуществляется ряд технологических операций на поверхности земли (транспортировка угля в надшахтных сооружениях, складирование угля, погрузка, отвалообразование), которые сопровождаются эмиссией пыли в атмосферу.

К мероприятиям по улучшению качества рудничного воздуха относятся мероприятия, направленные на предупреждение пылеобразования: предварительное увлажнение угольного массива, промывка скважин водой, орошение, пылеулавливание.

Основная цель проведения данных мероприятий — снижение содержания пыли неорганической в рабочей зоне для улучшения условий на рабочих местах и соблюдения требований правил безопасности в угольных шахтах.

2.1.8.1.2 Контроль состояния атмосферного воздуха [7)]

Инвентаризация выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников в настоящее время регламентируется Методическим пособием по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (дополненное и переработанное) (введено письмом Минприроды России от 29.03.2012 № 05-12-47/4521).

Стационарные источники выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух подразделяются на два типа:

- источники с организованным выбросом (дымовые и вентиляционные трубы, вентиляционные шахты, аэрационные фонари, дефлекторы и т. п.);
- источники с неорганизованным выбросом.

Согласно методическим указаниям для определения количественных и качественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу используются инструментальные и расчетные (расчетно-аналитические) методы. При этом инструментальные методы являются превалирующими для источников с организованным выбросом загрязняющих веществ в атмосферу.

Методические указания напрямую указывают, что расчетно-аналитические методы могут применяться в случае невозможности проведения инструментальных измерений по причинам технического или экономического характера.

Соответственно, для источников с неорганизованными выбросами, на которые приходится большинство выбросов в угольной промышленности, допустимо применение расчетно-аналитических методов, что определяется данными факторами:

- экономическая нецелесообразность применения инструментальных методов в условиях значительной площади производственных объектов и постоянного перемещения техники;
- невозможность однозначного определения мест для установки онлайн-датчиков замера загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно изменениям в Федеральный закон «Об охране окружающей среды», внесенным Федеральным законом от 21.07.2014 № 219-ФЗ, с начала 2018 г. «на объектах I категории стационарные источники, перечень которых устанавливается Правительством РФ, должны быть оснащены автоматическими средствами измерения и учета объема или массы выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ и концентрации загрязняющих веществ, а также техническими средствами фиксации и передачи информации об объеме и (или) о массе выбросов загрязняющих ве-

[7)] Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

ществ, сбросов загрязняющих веществ и о концентрации загрязняющих веществ в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга».

Данное требование противоречит описанным выше методическим указаниям и представляется крайне затруднительным для предприятий, поскольку справочники НДТ по ряду отраслей будут приняты лишь к концу 2017 г., а точный перечень стационарных источников, подлежащих контролю, а также требования к используемому оборудованию до сих пор не были утверждены Правительством РФ.

2.1.8.1.3 Технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха

Предварительное увлажнение пласта угля в массиве является одним из наиболее эффективных средств борьбы с пылью в очистных забоях. Для этой цели в пласте угля по всему забою бурят шпуры или скважины. При этом величина увлажнения угольного массива выемочного столба может быть равна его суточному или недельному подвиганию. Следовательно, длина шпуров или скважин может составлять от 1,5 до 90 м. В шпуры или скважины нагнетается вода под давлением от 5 до 130 атм. и более. Увлажнение угля в массиве таким способом снижает запыленность воздуха на 50 % — 80 % .

В зависимости от фильтрационных свойств угольных пластов предварительное увлажнение подразделяется на высоко- и низконапорное [32].

Высоконапорное нагнетание жидкости в угольный пласт осуществляется насосными установками через скважины (шпуры), пробуренные из подготовительной выработки или очистного забоя.

Низконапорное увлажнение заключается в том, что угольный массив увлажняется водой под давлением, создаваемым в шахтной магистрали за счет разницы геодезических отметок поверхности шахты и места нагнетания воды. Низконапорное увлажнение эффективно при высокой проницаемости пластов за счет капиллярного насыщения массива и заполнения жидкостью мелких трещин.

Для повышения эффективности предварительного увлажнения применяются поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение воды и ускоряют процесс проникновения жидкости в трещины и поры угля. Наибольшее применение получили неионогенные ПАВ-ДБ, ОП, интанол и неонол. Рекомендуются следующие рабочие концентрации ПАВ: ДБ 0,1 % — 0,2 %; интанол — 0,05 %; неонол — 0,05 %. Следовательно, применение добавок к воде при предварительном увлажнении угольного пласта приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки. Данный недостаток ограничивает возможность применения данной технологии.

Для предупреждения взрывания пыли, осевшей на бортах и кровле выработок, применяют специальные уборочные машины, для обмывания стенок выработок водой — специальный агрегат, для связывания пыли на стенках выработок — специальные растворы, например хлористого кальция. При буровых работах, когда производится мелкошпуровое пневматическое бурение, промывка скважин водой может уменьшить количество пыли в 10–15 раз.

Орошение с подачей большей части воды через исполнительные органы широко используется в очистных забоях при работе комбайнов, врубовых машин, отбойных молотков в лавах крутопадающих пластов. Это позволяет обеспечить подавление пыли

на 70 % — 98 % [32]. Добавление к воде поверхностно-активного вещества ДБ в количестве 0,1 % — 0,2 % улучшает смачиваемость пыли, и концентрации ее снижаются в некоторых случаях в 6–7 раз. Можно повысить пылеподавление при работе комбайна, если увеличить давление воды, подаваемой в форсунки, до 15 атм., что достигается включением в комбайн специального насоса [30].

Для осаждения пыли из воздуха после взрыва шпуров, а также при спуске угля на крутых пластах применяются водяные оросители или туманообразователи. Для пылеподавления после взрыва шпуров они устанавливаются в штреке на расстоянии 8–12 м и 20–30 м от забоя. Оросители приводят в действие до взрыва шпуров и прекращают их действие через 30–40 мин после взрыва. Водные завесы, состоящие из форсунок, должны действовать в течение всего времени выемки угля в лаве или другого технологического процесса, сопровождающегося пылевыделением. Отключение завесы допускается лишь в ремонтно-подготовительные смены. Водяные аэрозоли достаточно эффективно способствуют осаждению пыли из воздуха и препятствуют распространению ее по выработкам.

Орошение при помощи туманообразователей применяется главным образом для предупреждения распространения пыли по шахте.

Форсуночное орошение может применяться при машинной погрузке породы в забоях, при загрузке вагонеток углем из люков, в местах перегрузки с конвейера на конвейер, при опрокидывании вагонеток в бункер.

При использовании для очищения воздуха водовоздушных эжекторов происходит подавление пыли диспергированной водой, а также очистка воздуха от взвешенной пыли, если обеспечивается его протяжка через эжектор. Принцип работы водовоздушного эжектора заключается в том, что за счет разряжения, создаваемого водяным факелом форсунки, отсасывается запыленный воздух, образующий с диспергированной водой шламовидную смесь, которая в свою очередь направляется на подавление пыли. Водовоздушные эжекторы применяются, в частности, для пылеподавления при передвижке секций механизированной крепи.

Обеспыливающее проветривание

Обеспыливающее проветривание производится вентиляционными установками местного проветривания или вентиляторно-оросительными установками.

Пылеподавление пеной широко используется при очистных работах, а также при транспортировке горной массы ленточными конвейерами [32].

Способ характеризуется тем, что связывание и коагуляция пыли осуществляются в воздушном потоке аэрозоля, включающего воздухонаполненные водные (98 %) пены высокой кратности, в состав которых входит поверхностно-активное вещество, представленное глицерином (0,2 % — 0,4 %), а в качестве стабилизатора — олеиновой кислотой (0,8 % — 1,2 %) и содой каустической (0,4 % — 0,6 %), а пылеподавление осуществляется выдуванием раствора через сопла форсунки на запыленные поверхности. Эффективность пылеподавления может достигать 90 % — 98 % [45]. При этом используется специальное оборудование типа СПП (пеногенератор/пенообразователь, стволы воздушно-пенные, соединительная арматура).

Применение данного метода пылеподавления приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки. Данный недостаток ограничивает возможность применения данной технологии.

Пылеулавливание

В угольных шахтах применяют следующие способы пылеулавливания:

- отсос запыленного воздуха от места пылеобразования, отвод и выброс его без очистки вдали от рабочих мест;

- отсос запыленного воздуха из-под укрытий источников пылеобразования с последующей очисткой его в специальных устройствах и отсос запыленного воздуха высокопроизводительными установками с очисткой его в специальных камерах.

Сухое пылеулавливание при бурении осуществляется двумя способами: отсасыванием пыли из-под колпака, плотно прилегающего к груди забоя, или отсасыванием пыли по каналу бура. Отсасываемый воздух должен очищаться от пыли в специальных фильтрах. Применение сухого пылеулавливания наиболее целесообразно при бурении в тех местах, где имеется недостаток воды, и в условиях вечной мерзлоты.

Отсос запыленного воздуха в очистном забое осуществляют передвижной, встроенной в комбайн пылеулавливающей установкой и установкой, расположенной на вентиляционном штреке. В качестве пылеотделительных установок используют установки различного принципа действия (см. 2.2.7.1.5).

Для предотвращения поступления пыли в забой при работе перфораторов и самоходных буровых установок используются системы пылемаслоулавливания, эффективность которых достигает 90 % и более [46].

Гидрозабойка

Для пылеподавления при взрыве шпуров может осуществляться внутренняя и внешняя гидрозабойка шпуров. Для внутренней забойки используются гидропатроны, которые вставляются внутрь шпура, а для внешней забойки в забое развешиваются хлорвиниловые мешки с водой. Взрывная волна разрывает гидропатрон и хлорвиниловые мешки и диспергирует воду до аэрозолей, способствующих осаждению пыли из воздуха.

Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах, бурении шпуров и скважин

Для предупреждения образование пыли при буровзрывных работах применяется предварительное увлажнение пласта угля в массиве. При работе врубовой машины или отбойных молотков используются системы орошения.

Для пылеподавления при взрывании шпуров применяют ряд средств, к которым относятся: обмывание стен забоя водой для предупреждения взметывания осевшей пыли вследствие действия взрывной волны, применение внутренней и внешней гидрозабойки.

Для предотвращения поступления пыли в забой при работе перфораторов и самоходных буровых установок используют системы пылемаслоулавливания.

Мероприятия, предупреждающие образование пыли при погрузке и транспортировке горной породы

При уборке горной массы применяют увлажнение взорванной массы, а при работе погрузочных средств — орошение. При скреперной доставке горной массы, наряду с подачей свежего воздуха к месту машиниста скреперной лебедки, что предотвращает распространение пыли в зону дыхания рабочих, используют автоматизированную систему орошения.

Борьбу с пылью при перегрузке горной массы на опрокидах и дроблении ее осуществляют с помощью орошения и пылеотсоса. Для этих целей сооружают специаль-

ную систему пылеотсоса, а для очистки отсасываемого воздуха от пыли чаще всего используют электро- и матерчатые фильтры, которые монтируют в специальных камерах. Тканевые фильтры сравнительно быстро засоряются, возрастает их аэродинамическое сопротивление, что приводит к повышению расхода энергии. Поэтому электрофильтры предпочтительнее. Степень очистки воздуха от пыли при этом достигает 98 % — 99 %.

Для подавления пыли, образующейся в местах перегрузки угля, используются устройства противопылевого кожуха в местах пересыпа угля с помощью конусных оросителей. Небольшие перегрузочные пункты перекрываются специальными матерчатыми чехлами.

Оборудование

Природоохранное оборудование, используемое для предотвращения загрязнения окружающего воздуха (см. таблицу 9), представлено в большей степени пылеподавляющими установками (стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, водяные оросители, водовоздушные эжекторы, пенообразователи).

2.1.8.2 Очистка сточных вод

2.1.8.2.1 Общие положения [8)]

Использование природоохранного оборудования для очистки сточных вод (см. таблицу 9) направлено на достижение соответствия качественных показателей сточных вод установленным предельно допустимым концентрациям (ПДК) загрязняющих веществ.

СанПиН 2.1.5.980-00 (пункт 2.1.5) [47] регламентирует санитарную охрану водных объектов, устанавливает требования к охране поверхностных вод. Отдельно, приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552, установлены ПДК для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Кроме того, ПДК для буферной зоны оз. Байкал установлены приказом Минприроды России от 05.03.2010 № 63. Таким образом, сточные воды, уходящие с угледобывающих предприятий, должны быть очищены до состояния, регламентированного данными документами. Также при наличии утвержденных в установленном порядке нормативов допустимого воздействия на водные объекты (допустимого совокупного воздействия всех источников, расположенных в пределах речного бассейна или его части, на водный объект или его часть) в соответствии с гидрографическим и/или водохозяйственным районированием в целях поддержания поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, они принимаются к учету при определении требований [48].

Воду, повергшуюся очистке, необходимо сбрасывать через водоотводные каналы в ближайший водоток или в иное место, исключающее возможность ее обратного проникновения в выработки и заболачивание прилегающих территорий. Место сброса сточных вод определяется в решении на предоставление водного объекта в пользование, выдаваемого в соответствии с постановлением Правительства РФ от 30.12.2006 № 844 «О порядке подготовки и принятия решения о предоставлении водного объекта

[8)] Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

в пользование». В соответствии со статьей 21 Водного кодекса Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ водный объект предоставляется в пользование на основании решения исполнительных органов государственной власти о предоставлении водных объектов в пользование.

Приказом Минприроды России от 21.01.2013 № 20 утвержден Административный регламент Федерального агентства водных ресурсов по предоставлению государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами на основании решения о предоставлении водных объектов в пользование. В решениях на предоставление водного объекта в пользование содержится информация о месте сброса сточных вод и определяется объем воды, разрешенный к сбросу.

Объем загрязняющих веществ в сточных водах отражается в разрешении на сброс загрязняющих веществ, выданный на основании нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в водные объекты. Указанные нормативы утверждаются Федеральным агентством водных ресурсов по согласованию с Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральным агентством по рыболовству и Федеральной службой по надзору в сфере природопользования.

Формирование сточных вод осуществляется практически на всех этапах технологического процесса добычи разрезов и шахт. Сточные воды можно разделить по происхождению на следующие группы.

1. Шахтные и карьерные воды (более 90 % массы сточных вод). Они содержат взвешенные вещества (неорганическую пыль) от проведения буровзрывных, вскрышных и добычных работ; нефтепродукты от разлива масел, топлива, эмульсии; нитриты и нитраты, образующиеся при взрывании взрывчатых веществ; железо, образующееся в результате окисления пирита (зачастую встречается во вмещающих породах), металлических конструкций и частей оборудования. Большой объем этого типа вод объясняется их формированием за счет поверхностного, грунтового и подземного стока. При этом под шахтами и разрезами формируются депрессионные воронки, в которые собираются подземные и поверхностные воды с большой территории.

2. Хозяйственно-бытовые воды. Они образуются на банно-прачечных комбинатах и в административно-бытовых зданиях. Эти воды, в числе прочего, содержат остатки мыльных щелочных вод. При наличии возможности такие воды передаются на очистку городским/поселковым коммунальным службам.

3. Технологические (производственные) воды. Они образуются в процессе работы обогатительной фабрики. Как правило, эти воды очищаются и повторно используются в технологическом процессе. Например, на некоторых обогатительных фабриках реализованы проекты реконструкции, предусматривающие замыкание водно-шламовых схем. Это позволяет не сбрасывать смесь воды и угольной пыли (шлам) в пруды-отстойники, а с использованием фильтр-прессов запускать ее в повторный цикл.

4. Поверхностные (ливневые) воды. На предприятиях угольной промышленности они обычно отводятся вместе с карьерными, шахтными и производственными водами на общие очистные сооружения.

Часть сточных вод может быть возвращена в технологический процесс. Однако вернуть в технологический процесс удается лишь небольшую долю сточных вод (до 10 %), формирующихся на угледобывающих предприятиях. Таким образом, требуется

возведение очистных сооружений. Условно можно выделить следующие методы очистки воды:

- механическая очистка (предварительное отстаивание, осветление);
- биологическая очистка;
- базовая физико-химическая очистка (флотация, аэрация, химическое осаждение, фильтрация, сорбция);
- тонкая физико-химическая очистка (ионный обмен, мембранные методы);
- обеззараживание сточных вод перед сбросом в водный объект (хлорирование, УФ-обработка, озонирование).

Методы очистки сточных вод применяются в различных сочетаниях в зависимости от качества воды, подаваемой на очистку. Кроме того, на схемы очистных сооружений влияют экономическое состояние предприятий, требования контролирующих органов и исторические факторы. Решение о возможности реализации того или иного способа очистки и/или их комбинаций определяется индивидуально в каждом конкретном случае.

2.1.8.2.2 Методы очистки воды [9)]

Механическая очистка

Удаление крупного мусора

В схемах очистки хозяйственно-бытовых вод могут использоваться при необходимости мероприятия для задержания крупного мусора органического и минерального происхождения. В рамках этих мероприятий обычно применяются решетки. Они устанавливаются сразу вслед за приемной камерой очистных сооружений. Ширину прозоров решеток перед очистными сооружениями принимают обычно не более 16–20 мм.

Решетки подразделяются на неподвижные, подвижные и совмещенные с дробилками (решетки-дробилки). Более широкое применение имеют неподвижные решетки. Неподвижная решетка представляет собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных стержней, поставленных на пути движения сточных вод.

Очистка решеток от задержанных ими отбросов производится механизированным способом. Механизированная очистка решеток производится движущимися граблями, приводимыми в движение от электродвигателя. Предварительная реагентная обработка воды не предусматривается.

Снятые с решеток отбросы подаются в дробилку, измельченную массу обезвоживают и направляют на дальнейшее обеззараживание или утилизацию другой организации. Решение о возможности реализации того или иного способа осаждения определяется индивидуально в каждом конкретном случае.

Предварительное отстаивание

Предварительное отстаивание обеспечивает осаждение наиболее крупных частиц взвешенных веществ, привносимых предприятиями угольной промышленности в процессе хозяйственной деятельности. Предварительное отстаивание осуществляется в шахтных водосборниках (при подземной добыче) и зумпфах (при открытой добыче).

[9)] Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

Данные устройства являются частью системы водоотлива и своей главной функцией имеют накопление воды для обеспечения стабильной работы насосных станций.

Осветление

Осветление воды предполагает удаление нерастворимых примесей, главным образом взвешенных. Самым распространенным способом осветления воды является безреагентное отстаивание — осаждение под действием силы тяжести, поскольку этот метод является наименее энергоемким.

Процесс осветления воды может быть ускорен за счет применения флотации, коагуляции (реагентное осаждение) и фильтрации. Для реагентного осаждения могут применяться такие общераспространенные коагулянты, как оксихлорид алюминия, сульфат алюминия, а также такие флокулянты, как полиакриламид и др.

Пруды-отстойники являются наиболее распространенным сооружением для осветления воды. Их можно устраивать в замкнутых котлованах или в оврагах и логах (путем их перегораживания дамбами). По режиму работы различают пруды-отстойники периодического действия (также контактные, буферные, пруды-накопители) и непрерывного действия (также проточные). На практике очистка сточных вод осаждение взвешенных веществ производится чаще всего в проточных прудах-отстойниках, а контактные пруды-отстойники применяют для обработки небольших объемов сточных вод.

Для повышения эффективности осветления в прудах-отстойниках могут применяться искусственные фильтрующие массивы (ИФМ) из крупнообломочных материалов или песчано-гравийной смеси.

Удаление осадка из прудов-отстойников (шлам) может осуществляться механизированным способом. Данный осадок подвергается обезвоживанию, после чего может быть использован как присадка к рядовому углю или передан на утилизацию специализированным организациям. В частности, осушенный переработанный осадок из прудов-отстойников может применяться в качестве сельскохозяйственного удобрения.

В редких случаях для осветления сточных вод предприятий угольной промышленности могут применяться отстойники (обычно это устройство применяется на городских/поселковых коммунальных очистных сооружениях). Отстойник представляет собой искусственный резервуар, предназначенный для осветления воды. Традиционными для отрасли являются горизонтальные отстойники, представляющие собой прямоугольный в плане резервуар, разделенный на несколько отделений, их применяют независимо от уровня грунтовых вод при пропускной способности очистных сооружений свыше 15–20 тыс. $м^3$/сутки. Основными преимуществами горизонтальных отстойников являются малая глубина и хороший эффект очистки. К их недостаткам относится необходимость применения большего числа прудов-отстойников вследствие ограниченной ширины. Кроме того, ограниченность применения этого метода обуславливается территориальными особенностями регионов расположения предприятий, выраженными в дефиците земельных участков, необходимых для размещения прудов-отстойников.

Отстойники могут оснащаться тонкослойными модулями, предназначенными для отделения тонкодисперсных примесей.

Также в редких случаях могут применяться осветлители со взвешенным слоем осадка (обычно это устройство применяется на городских/поселковых коммунальных очистных сооружениях). Такие осветлители совмещают функции по осветлению, коагуляции и фильтрации сточных вод. Осветлители работают следующим образом: вода

подводится в осветлитель снизу и равномерно распределяется по его площади. Затем она проходит через взвешенный слой осадка, осветляется и по дырчатому лотку или трубе, располагаемой на некотором расстоянии над поверхностью взвешенного слоя, отводится на фильтры [49].

Устройства механической очистки могут быть оборудованы дополнительными элементами, такими как:

- устройства для снижения концентрации нефтепродуктов (нефтеловушки, боновые заграждения [10)], боновые фильтры (см. раздел «Доочистка»);
- аэрационные устройства для снижения содержания железа;
- устройства биологической очистки (биоокислительные каналы, земляные фильтры).

Решение о возможности реализации того или иного способа осветления определяется индивидуально в каждом конкретном случае.

Осветление с предварительным отстаиванием и ИФМ может обеспечивать очистку воды от взвешенных веществ в диапазоне от 50 % до >99 % (по данным анкет). Эффективность технологии осветления ограничивается гидравлической крупностью взвешенных веществ.

Биологическая очистка

Биологическая очистка может использоваться для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от веществ органического происхождения (взвешенных и коллоидных примесей, аммония, нитритов, нитратов, фосфатов, фенола). Обычно она применяется на предприятиях при соотношении БПК/ХПК более 0,35, pH = 6–8, температуре воды 15 °С — 37 °С и концентрации грубодисперсных примесей до 150–2000 мг/л. Объемы хозяйственно-бытовых вод на предприятиях угольной отрасли сравнительно невелики, поэтому они обычно передаются для очистки на городские или поселковые коммунальные очистные сооружения, а при невозможности передачи очищаются на компактных очистных сооружениях.

Биологическую очистку в естественных условиях (для очистки сравнительно небольшого количества сточных вод, а также для их доочистки) предприятия осуществляют в окислительных каналах, где развиваются микроорганизмы, участвующие в самоочищении природных водоемов. Биологическую очистку сточных вод в искусственных условиях предприятия осуществляют на биологических очистных сооружениях, включающих в себя [50]:

- песколовки, в которых осуществляется осаждение мелких частичек под действием силы тяжести;
- биофильтры, аэротенки, окситенки, биореакторы — накопительные или фильтрующие устройства, использующие колонии микроорганизмов, перерабатывающие органические соединения.

При необходимости глубокого удаления биогенных соединений азота большинство предприятий применяют процессы физико-химической очистки: нитрификацию (окисление аммонийного азота до нитритов и нитратов) и денитрификацию (восстановление окисленных форм азота нитритов и нитратов до газообразного азота).

[10)] Нефтеловушки и боновые заграждения применяются лишь при высоких концентрациях нефтепродуктов в сточных водах.

Для отделения от воды избыточной биомассы, образующейся в процессах биологической очистки, большинство предприятий используют вторичные отстойники или илоотделители, входящие в состав биологических сооружений вместе с биофильтрами и аэротенками.

Биологическая очистка способна обеспечить удаление более 90 % всех окисляемых органических загрязнений, содержащихся в воде [51].

Базовая физико-химическая очистка

Флотация

Флотацию применяют для удаления из сточных вод [50]:

- взвешенных частиц;
- нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются (например, эмульгированных нефтепродуктов);
- ряда растворенных веществ (в том числе поверхностно-активных веществ).

На флотационных установках происходит отделение твердой фазы от жидкой, чему способствуют предварительная реагентная обработка коагулянтом и флокулянтом и образование пузырьков воздуха, которые, прикрепляясь к твердым частицам, вызывают их всплытие. Таким образом, на поверхности воды образуется так называемый флотошлам, который удаляется скребковым механизмом. Крупные и тяжелые частицы выпадают в осадок на коническом дне флотационной установки, откуда отводятся в шламосборник.

Для флотации обычно применяются специальные флотационные машины (флотомашины, флотаторы), для ускорения процесса и повышения эффективности осаждения тонкодисперсных частиц и эмульгированных примесей перед флотацией в воду дозируются коагулянты, флокулянты и/или осадители металлов (например, известковое молоко).

Флотационные устройства зачастую совмещаются с фильтрационными устройствами и объектами УФ-обеззараживания (так называемая флотофильтрация).

Аэрация

Аэрация воды применяется для удаления из воды ионов железа. Данный способ основан на насыщении загрязненных вод кислородом. При росте концентрации кислорода в воде ионы железа окисляются и переходят в нерастворимую форму. Сформированные в процессе окисления оксиды железа осаждаются на фильтрах, после чего могут быть удалены. Для обогащения воды кислородом используют гравитационные аэраторы (водосливы с перепадом по высоте), эжекторы (безнапорная аэрация воды) или компрессоры (напорная аэрация).

Химическое осаждение

Для деструкции органических веществ с превращением их в CO_2 и H_2O могут использоваться окислительные методы, включающие окисление активным хлором (гипохлоритом натрия). Этот метод способствует также предотвращению биообрастания фильтров.

Доочистка (фильтрация, сорбция)

Для доочистки воды обычно используются специальные фильтрационные устройства. Реже для этого могут применяться вторичные отстойники и прудки очищенной воды, которые характерны для городских/поселковых коммунальных очистных сооружений.

Фильтрационные устройства целесообразно применять:

- для удаления взвешенных веществ при низких концентрациях (ниже 70–100 мг/л);

- как дополнительный элемент очистки может применяться после осветления, флотации, биологической очистки или других методов очистки;

- для удаления ряда загрязняющих веществ (в том числе нефтепродуктов, железа, марганца, аммония) за счет сорбции — реакции загрязняющих веществ со специальным реагентом.

Для очистки сточных вод обычно применяются засыпные фильтры (фильтры с зернистой загрузкой). В качестве зернистых загрузок несколько предприятий используют песок, керамзит, гравий, горелые породы, антрацит, а также их смеси с сорбентами (алюмосиликатами, цеолитом, активированным углем и т. д.). Мелкозернистые фильтры используют частицы с размерами около 0,3–1,2 мм, что обеспечивает фильтрацию частиц с размером выше 80 мкм.

Для снижения концентрации нефтепродуктов на ряде предприятий угольной отрасли применяют боновые фильтры. Они представляют собой водопроницаемые контейнеры, заполненные инертными материалами (древесные опилки и т. д.), адсорбирующими на свою поверхность частицы нефтепродуктов. Степень очистки от нефтепродуктов после осветления и применения фильтров может составлять до >99 % (по данным анкет).

На ряде предприятий, очистные сооружения которых оборудованы в последнее десятилетие, предусмотрена регенерация материалов, использованных в качестве загрузок. От эффективной регенерации фильтровальных загрузок зависит эффективность и продолжительность использования загрузки. Осадок от очистки подвергается обезвоживанию, после чего может быть использован как присадка к рядовому углю или передан на утилизацию специализированным организациям.

На рассмотренных предприятиях фильтры работают при подаче на них сточных вод как под давлением, так и без него. В первом случае они имеют герметичный корпус. Особую роль в конструкции фильтра играет дренажная система, через которую отводится очищенная в фильтре вода и производятся промывки (регенерация) [50].

В случае применения фильтрации как основного элемента очистки для ускорения процесса и повышения эффективности осаждения тонкодисперсных частиц и эмульгированных примесей перед фильтрацией в воду дозируются растворы коагулянтов и флокулянтов. Для предотвращения биологического обрастания фильтров в воду перед ними дозируется гипохлорит натрия.

Тонкая физико-химическая очистка

Для удаления большинства растворенных веществ (обессоливания) воды необходимо применять установки тонкой очистки воды. Наиболее распространенными способами обессоливания являются:

- ионный обмен;

- мембранные технологии (в том числе ультрафильтрация и обратный осмос).

Технология ионного обмена основана на использовании ионитов — веществ, способных обменивать свои ионы на ионы из окружающего их раствора. Для очистки воды обычно применяются синтетические органические смолы.

Мембранные методы основаны на использовании полупроницаемых мембран с малым размером пор. Мембранные методы очистки воды классифицируются по размерам пор мембран в такой последовательности:

- микрофильтрация (0,1–1,0 мкм);
- ультрафильтрация (0,01–0,1 мкм);
- нанофильтрация (0,001–0,01 мкм);
- обратный осмос (размер пор мембраны около 1 нм).

Средний уровень задерживания растворенных веществ обратноосмотическими мембранами достигает 97 % — 99 % [52].

Прочие методы, в том числе восстановление, нейтрализация, адсорбция, термический, электрические методы (электродиализ), применяются реже ионообменных или мембранных технологий.

Общим недостатком технологий тонкой очистки воды являются требования к исходному качеству воды, высокая стоимость их внедрения на очистных сооружениях, существенные эксплуатационные затраты, вызванные применением кислот и щелочей для технологических промывок, а также необходимость привлечения высококвалифицированного обслуживающего персонала. Кроме того, реализация этих методов возможна только после реализации базового метода очистки, а в ряде случаев с применением элементов физико-химической очистки.

Данный недостаток является особенно значимым для предприятий угольной промышленности, где объемы сточных вод являются весьма значительными (десятки и сотни $м^3$/ч).

Обеззараживание

Обеззараживание воды применяется как заключительный этап очистки сточных вод. Оно может осуществляться несколькими способами:

- хлорированием;
- ультрафиолетовым излучением (УФ);
- озонированием.

Хлорирование

Для обеззараживания сточной воды хлорированием используют газообразный хлор, гипохлорит натрия и другие производные хлора, под действием которых бактерии, находящиеся в сточной воде, погибают в результате окисления веществ, входящих в состав протоплазмы клеток. Газообразный хлор может производиться как из жидкого хлора, так и электролизом раствора хлорных солей. При введении газообразного хлора в обрабатываемую воду должны быть обеспечены хорошее смешивание его с водой и достаточная продолжительность (не менее 30 мин) его контакта с водой. Установка для хлорирования газообразным хлором имеет хлораторную, смеситель, контактные резервуары. В хлораторной производится хлорная вода, которая затем смешивается с очищаемой водой. Негативным свойством хлорирования является образование хлорорганических соединений и хлораминов.

УФ-обработка

Применение УФ-излучения является безреагентным способом обеззараживания воды. УФ-обработка требует в два раза меньше капиталовложений и в пять раз меньше эксплуатационных затрат по сравнению с озонированием [50].

Обработку воды УФ-излучением проводят в конце процесса водоочистки, перед использованием или отведением в водный объект. Перед сбросом в водный объект

производится обеззараживание ультрафиолетовым излучением (установка типа «Лазурь-М250» или ее аналоги).

Согласно методическим указаниям по санитарно-эпидемиологическому надзору за обеззараживанием сточных вод УФ-излучением стандартный уровень инактивации микроорганизмов при использовании данной технологии составляет 99,9 %.

Озонирование

Озонирование воды также позволяет избежать негативных эффектов хлорирования (сохранение соединений хлора в воде, для удаления которого применяются дополнительные фильтры). Озон, в отличие от хлора, быстро разлагается в воде с образованием молекул кислорода O_2. Кроме того, озонирование способствует удалению из воды ионов железа и марганца. Производство озона для очистки осуществляется на специальных установках — озонаторах. Для введения озона в воду применяют барботажные установки.

Использование озонирования ограничено высоким уровнем энергопотребления (требуется около 30 кВт на получение 1 кг озона), а также необходимостью подщелачивания и подкисления воды. Последние меры необходимы, поскольку эффективность очистки сточных вод методом озонирования зависит, в числе прочего, от величины pH очищаемой воды. Для ускорения процесса инициирования целесообразно проводить окисление в щелочной среде [53].

2.1.8.2.3 Схемы очистки сточных вод

При добыче угля подземным способом образуются следующие виды сточных вод:

- шахтные воды;
- хозяйственно-бытовые воды;
- ливневые воды.

Выбор способа очистки зависит от видов и концентрации загрязнителей, привнесенных в сточные воды в рамках деятельности предприятия, требований потребителей к качеству воды и требований на сброс в водный объект. Очищенная вода частично используется для технологических нужд предприятия (на подземное орошение и пожаротушение шахт), неиспользованная отводится в водные объекты. Дополнительным показателем эффективности (для отдельных предприятий), где это позволяет используемая технология, является использование части очищенной воды для технологических нужд предприятия, с отводом оставшейся части на сброс в водный объект.

Схемы очистки шахтных вод

Для очистки шахтных вод, как правило, используется механическая очистка сточных вод на участках подземных горных работ (шахты), основанная на использовании следующих сооружений:

1) шахтные водосборники для предварительного отстаивания воды;

2) пруды-отстойники (или альтернативные сооружения для осветления).

В случае необходимости пруды-отстойники (или альтернативные сооружения) могут быть дополнены следующими сооружениями:

- устройства (нефтеловушки, боновые заграждения, боновые фильтры) для снижения концентрации нефтепродуктов (в случае высокой загрязненности сточных вод нефтепродуктами);

- искусственные фильтрующие массивы из крупнофракционного материала или песчано-гравийной смеси;

- аэрационные установки (в случае когда в результате используемой предприятием технологии в воду попадает большое количество железа);

- биоокислительные каналы.

Более сложным вариантом очистки шахтных вод является схема, при которой шахтные воды после отстойников поступают на насосно-фильтровальную станцию с обеззараживающими установками. Данная схема обеспечивает более глубокое удаление ряда загрязняющих веществ, но также является более дорогостоящей. Поэтому она применяется на предприятиях, в которых ассимилирующая способность водных объектов исчерпывается предприятиями, расположенными выше и ниже по течению, в тех случаях, если это позволяет экономика предприятий или имеются дополнительные меры государственной поддержки.

В рамках данной схемы после устройств для осветления могут применяться следующие методы очистки:

1) реагентная флотация;

2) доочистка (как правило, на сорбционных засыпных фильтрах);

3) обеззараживание (как правило, с применением УФ-обработки).

Исполнение очистных сооружений может быть стационарным (в здании) или передвижным (в контейнерах). При производительности более 50–100 м^3/ч целесообразно возводить очистные сооружения в здании.

Схемы очистки хозяйственно-бытовых вод

Состав хозяйственно-бытовых сточных вод при добыче угля схож со сточными водами, принимаемыми в централизованные системы водоотведения населенных пунктов (ЦСВ). В этой связи, как правило, предусматривается выгребная яма с передачей хозяйственно-бытовых стоков в систему ЦСВ. В отдельных регионах, расположенных на значительном удалении от крупных населенных пунктов, целесообразно предусматривать строительство локальных очистных сооружений, включающих системы механической и биологической очистки (см. выше).

Для очистки применяется ряд специальных комплексных установок (в частности, «БАТ-10», «Боток-R60», «Эко-Р» и т. Д). Для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в перспективе могут применяться мембранные биореакторы, позволяющие сократить площадь, занятую отстойниками.

Схема очистки ливневых вод

Ливневые сточные воды, как правило, после сбора в дождеприемниках вывозятся в существующие отстойники шахтных вод.

2.1.8.3 Утилизация отходов производства

Утилизация отходов производства, формирующихся в процессе добычи угля подземным способом (вмещающих и пустых пород), осуществляется с помощью тех же технологий, что и утилизация отходов производства, формирующихся в процессе добычи угля открытым способом (см. 2.2.7.3).

2.2 Добыча открытым способом

На рисунке 5 приведена бщая схема технологического процесса при добыче угля открытым способом.

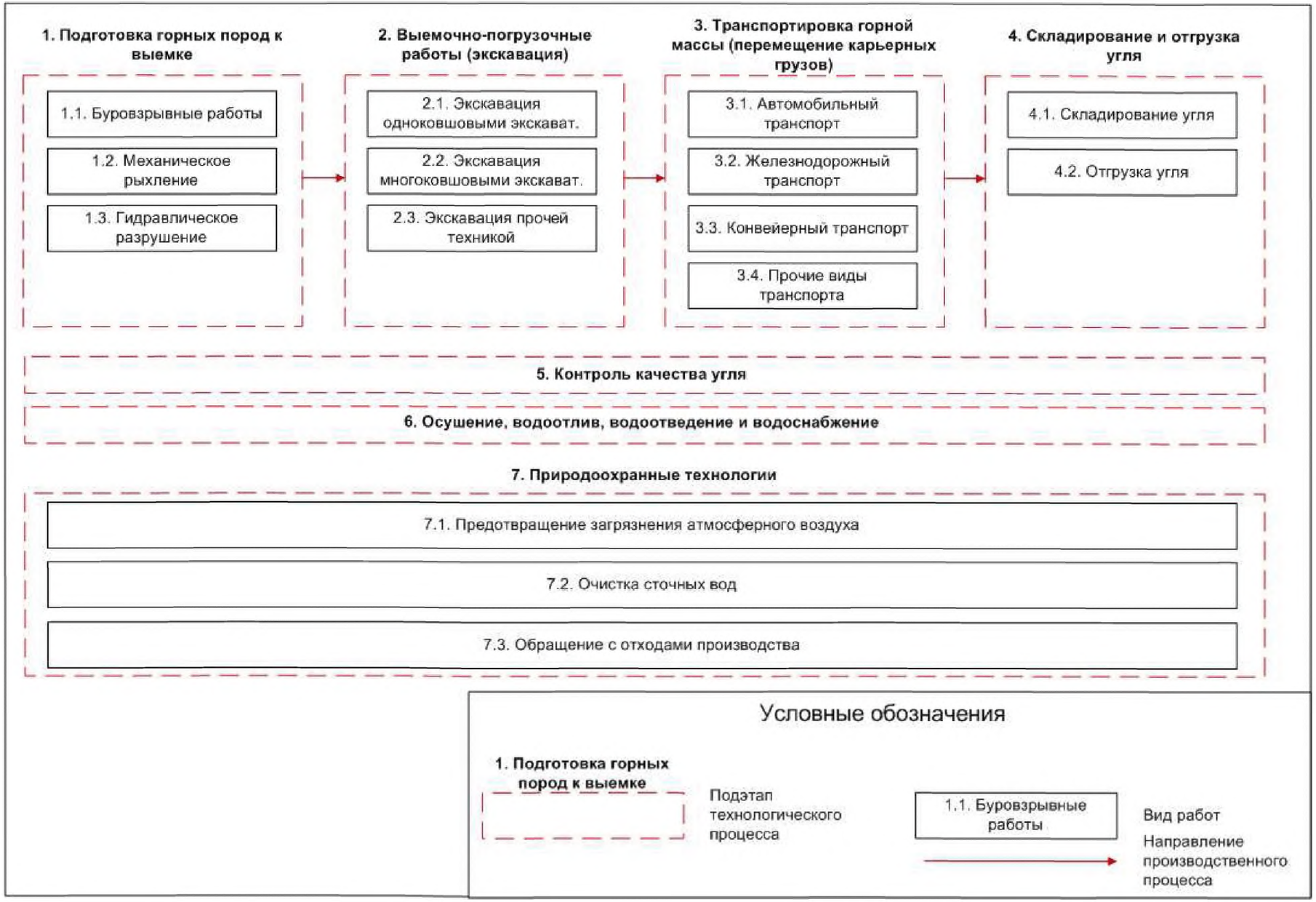

Рисунок 5 — Общая схема технологического процесса при добыче угля открытым способом

Таблица 10 — Основные этапы добычи угля открытым способом

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	Участок угольного месторождения, взрывчатые вещества, моторное топливо, электроэнергия	Подготовка горных пород к выемке	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Бульдозеры, буровые станки, вакуумные машины, передвижные насосные установки, смесительно-зарядные машины, забоечные машины, системы детонации, навесные рыхлители на тракторном шасси, бульдозерно-рыхлительные агрегаты, гидромониторы, кабелепередвижчик	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая, углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сероводород **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы**: взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.1	Участок угольного месторождения, взрывчатые вещества, моторное топливо, электроэнергия	Буровзрывные работы	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Бульдозеры, буровые станки, вакуумные машины, передвижные насосные установки, смесительно-зарядные машины, забоечные машины, системы детонации, кабелепередвижчик	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая, углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сероводород **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.2	Участок угольного месторождения, моторное топливо	Механическое рыхление	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Навесные рыхлители на тракторном шасси, бульдозерно-рыхлительные агрегаты	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.3	Участок угольного месторождения, моторное топливо	Гидравлическое разрушение	Разрушенная горная масса, сточные воды	Гидромониторы	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, лом черных металлов, твердые коммунальные отходы, отработанные масла

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска	Выемочно-погрузочные работы (экскавация)	Уголь, погруженный в транспортное средство	Экскаваторы (одноковшовые и многоковшовые), погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, угольная мелочь, лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла
2.1	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, моторное топливо	Экскавация одноковшовыми экскаваторами	Уголь, погруженный в транспортное средство	Одноковшовые экскаваторы	То же

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2.2	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, моторное топливо	Экскавация многоковшовыми экскаваторами	Уголь, погруженный в транспортное средство	Многоковшовые экскаваторы (роторные и цепные)	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, лом черных металлов, твердые коммунальные отходы, отработанные масла

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2.3	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, моторное топливо	Экскавация прочими видами техники	Уголь, погруженный в транспортное средство	Погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы, лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
3	Уголь, погруженный в транспортное средство, дизельное топливо, электроэнергия	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов)	Товарный уголь (на складе предприятия)	Карьерные самосвалы, грейдеры, скреперы, щебнеразбрасывающие машины, бульдозеры, локомотивы, полувагоны, шпалоподбоечные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу, конвейеры, скипы, канатные дороги, кабелепередвижчик	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Отходы:** лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла
3.1	Уголь, погруженный в самосвалы, дизельное топливо	Перевозка карьерными самосвалами	Товарный уголь (на складе предприятия)	Карьерные самосвалы, грейдеры, скреперы, щебнеразбрасывающие машины, бульдозеры	То же

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
3.2	Уголь, погруженный в железнодорожные составы с полувагонами, дизельное топливо, электроэнергия	Перевозка железнодорожным транспортом	Товарный уголь (на складе предприятия)	Локомотивы (тепловозы, реже — электровозы), полувагоны, бульдозеры, шпалоподбоечные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу, кабелепередвижчик, толкатель, устройство маневровое	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая. **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Отходы:** лом черных металлов, твердые коммунальные отходы, отработанные масла
3.3	Уголь, погруженный на конвейерную ленту, электроэнергия	Транспортировка конвейером	Товарный уголь (на складе предприятия)	Конвейеры, кабелепередвижчик	То же
3.4	Уголь, погруженный в транспортное средство, электроэнергия	Транспортировка прочими видами транспорта	Товарный уголь (на складе предприятия)	Скипы, канатные дороги, кабелепередвижчик	То же

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
4	Товарный уголь (на складе предприятия), моторное топливо	Складирование и отгрузка угля	Товарный уголь (в штабелях или отгруженный потребителю)	Погрузчики, экскаваторы, погрузочные комплексы, машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания	**Выбросы** (основной процесс): пыль неорганическая. **Выбросы** (вспомогательный процесс — работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, керосин, азота оксид. **Отходы:** лом черных металлов, покрышки отработанные, твердые коммунальные отходы, отработанные масла
4.1	Товарный уголь (на складе предприятия), моторное топливо	Складирование угля на штабелях	Товарный уголь (в штабелях)	Погрузчики, бульдозеры	То же
4.2	Товарный уголь (на складе предприятия), моторное топливо	Отгрузка угля потребителям	Погруженные полувагоны	Погрузчики, экскаваторы, погрузочные комплексы, машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания	То же

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
5	Сточные воды и свежая вода, электроэнергия	Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение	Сточные воды	Устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборники, насосные установки, трубопроводы, кабелепередвижчик	**Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты
6	Пыль, сточные воды, вскрышные породы, электроэнергия	Природоохранные технологии	Воздух с пониженной концентрацией пыли, очищенные сточные воды, вскрышные породы в отвалах и выработанных пространствах	Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, поливооросительные машины, пылеулавливающие установки, пруды-отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки, отвалообразователи непрерывного действия, кабелепередвижчик	**Выбросы:** пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты. **Отходы:** вскрышные породы

Окончание таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
6.1	Пыль, электроэнергия	Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха	Воздух с пониженной концентрацией пыли	Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, поливооросительные машины, пылеулавливающие установки, кабелепередвижчик	**Выбросы:** пыль неорганическая. **Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты
6.2	Сточные воды, электроэнергия	Очистка сточных вод	Очищенные сточные воды	Пруды-отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки, кабелепередвижчик	**Сбросы:** взвешенные вещества, нитраты, железо, нитриты, фториды, нефтепродукты
6.3	Вскрышные породы, электроэнергия	Утилизация отходов производства	Вскрышные породы в отвалах и выработанных пространствах	Отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры, кабелепередвижчик	**Отходы:** вскрышные породы

Таблица 11 — Основное оборудование для добычи угля открытым способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [11)]
Бульдозер	Зачистка блока при буровзрывных работах, механическое рыхление, выемочно-погрузочные работы, ремонт автодорог, перемещение рельсошпальной решетки, складирование угля, отгрузка угля, планировка отвалов	Объем отвала: 4–30,7 $м^3$
Буровая установка	Бурение взрывных скважин	Диаметр бурения: 125–400 мм (по данным тех. литературы), 152–279 (по данным анкет). Глубина бурения: до 64 м (по данным тех. литературы), до 60 м (по данным анкет). Производительность: до 500 тыс. п. м./год
Вакуумная машина, передвижная насосная установка	Осушка скважин	—
Смесительно-зарядная машина	Доставка взрывчатых веществ и заряжание скважин	Производительность: 15–20 т за смену (по данным тех. литературы)
Забоечная машина	Забойка скважин	Производительность: до 150–200 скважин за смену (по данным тех. литературы)
Трактор	Транспортировка буровой техники	—

[11)] По умолчанию — по данным анкет.

Продолжение таблицы 11

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [11)]
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - таль; - тельфер; - автоподъемник	Подъемно-транспортные и монтажные работы	—
Гидромонитор	Гидравлическое разрушение пород	—
Одноковшовый экскаватор с механической лопатой	Выемочно-погрузочные работы	Объем ковша: 1,4–40 м^3 (по данным тех. литературы), 1,4–42 м^3 (по данным анкет)
Одноковшовый экскаватор с канатной связью (драглайн)	Выемочно-погрузочные работы	Емкость ковша: от 10 до 40 м^3 Длина стрелы: 50–90 м
Многоковшовый экскаватор	Выемочно-погрузочные работы непрерывного характера	Производительность: 625–12 500 м^3/ч (по данным тех. литературы), 1250–5250 м^3/ч (по данным анкет). Мощность: 315–1890 кВт. Диаметр ротора: 2,5–19 м (по данным тех. литературы), 4–16 м (по данным анкет). Число ковшей: 6–24 м (по данным тех. литературы), 9–24 (по данным анкет). Объем ковша: 250–8000 л (по данным тех. литературы), 330–1600 л (по данным анкет)
Перегружатель	Обеспечение связи между многоковшовым экскаватором и конвейером (или отвалообразователем)	Производительность: соответствует производительности многоковшового экскаватора
Погрузчик колесный	Выемочно-погрузочные работы, складирование угля, отгрузка угля, формирование отвалов	Объем ковша: 6–14 м^3 (по данным тех. литературы), 0,39–13 м^3 (по данным анкет)

Продолжение таблицы 11

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [11)]
Карьерный автосамосвал	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) автомобильным транспортом. Автосамосвалы малой грузоподъемности могут использоваться для вспомогательных работ (например, для доставки взрывчатых веществ)	Грузоподъемность: 20–320 т
Грейдер	Ремонт автодорог	Мощность двигателя: 160–397 кВт
Скрепер	Строительство и ремонт автодорог: снятие почвенно-растительного слоя, снятие снежных наносов, доставка щебня для ремонта дорог. Может ограниченно применяться при выемочно-погрузочных работах	Объем ковша: 6–40 м^3 (по данным тех. литературы)
Щебнеразбрасывающая машина	Ремонт автодорог	—
Локомотив	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов): обеспечение тяги железнодорожных составов с думпкарами	Мощность дизельных двигателей: около 2 тыс. л. с.
Железнодорожный вагон	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) железнодорожным транспортом	Грузоподъемность вагона: 50–180 т (по данным тех. литературы), 60–105 т (по данным анкет)
Толкатель	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте	Тяговое усилие: до 250 кН (по данным тех. литературы)
Устройство маневровое	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте	Тяговое усилие: до 100 кН (по данным тех. литературы)

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [11)]
Путевая машина	Обслуживание железнодорожных путей	–
Конвейер	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) конвейерным транспортом	Производительность: 100–5250 м^3/ч. Мощность: 40–1250 кВт Скорость ленты: 1,0–4,7 м/с
Насосная установка	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение	Подача воды: 300–4000 м^3/ч Напор (высота подъема): до 125 м
Погрузочный комплекс	Отгрузка угля в железнодорожные составы, в том числе с предварительной сортировкой и дроблением	Производительность: около 4000 т/ч. Емкость бункеров: около 60 т
Кабелепередвижчик	Перемещение кабелей на участках открытых горных работ	Кабелеемкость барабана: главного 1200 м, вспомогательного 150–250 м (по данным тех. литературы)
Автомобиль специального назначения	Ремонт оборудования. Измерение состава и параметров проб углей. Транспортировка оборудования. Транспортировка строительных материалов. Транспортировка топлива и заправка оборудования. Откачка и транспортировка ила	—
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования	—
Система аэрогазового контроля	Контроль параметров воздуха на участках открытых горных работ	—
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей	Максимальная крупность кусков угля: 300 мм (по данным тех. литературы)
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей	—

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [11)]
Калориферы	Подогрев воздуха, поступающего в помещения	—

Таблица 12 — Природоохранное оборудование для добычи угля открытым способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики (по данным тех. литературы)
Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки	Орошение (в том числе предварительное) экскаваторных забоев, участков буровзрывных работ и других пылящих поверхностей	Эффективность пылеподавления: до 50 % — 100 %
Поливооросительная машина	Орошение и обработка автодорог и других пылящих поверхностей. Орошение экскаваторных забоев. Тушение возгораний	Емкость бака с водой: от 40 до 130 м^3. Эффективность пылеподавления: до 50 % — 100 % [54]
Пылеулавливающая установка	Улавливание пыли при проведении буровых, выемочно-погрузочных работ и транспортировке угля конвейерным способом	Эффективность пылеулавливания: до 99,9 %. Улавливаются частицы размером от 0,05 мкм
Зумпф	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)	—
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель со взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)	Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам: от 50 до >99 % (по данным анкет)
Нефтеловушка и аналогичные устройства (боновое заграждение, боновый фильтр)	Очистка сточных вод от нефтепродуктов	—
Флотационная машина	Очистка сточных вод от взвешенных веществ (крупных и мелкодисперсных), нефтепродуктов, железа, масел и ПАВ	—

Окончание таблицы 12

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики (по данным тех. литературы)
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)	—
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод	Степень очистки воды по органическим загрязнениям составляет около 90 %
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа	—
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод	Уровень инактивации: до 99,9 %
Засыпной сорбционный фильтр	Доочистка сточных вод	—
Установка аэрации воды (аэратор)	Очистка сточных вод от железа	—
Установка флотации, фильтрации и обеззараживания	Комплексная очистка сточных вод	Производительность: 30 и более $м^3$/ч
Отвалообразователь непрерывного действия	Формирование отвалов	Производительность: соответствует производительности многоковшового экскаватора (от 1250 до 5250 $м^3$/ч)

2.2.1 Подготовка горных пород к выемке

При подготовке угля к выемке из крепких (например, скальных) пород применяются буровзрывные работы, при подготовке к выемке из полускальных пород может применяться механическое рыхление, а при выемке из мягких пород — гидравлическое разрушение.

2.2.1.1 Буровзрывные работы

Буровзрывные работы применяются при подготовке к выемке крепких пород, когда применение механического рыхления и гидравлического разрушения неэффективно. Буровзрывные работы включают в себя два этапа:

- буровые работы;
- взрывные работы.

Буровые работы подразделяются на следующие этапы:

- подготовка блока к производству буровых работ;
- бурение.

Подготовка блока к производству буровых работ

Предварительным этапом буровых работ является подготовка блока на уступе. Представляет собой совокупность операций по выравниванию площадки под бурение, уборке предохранительного вала у верхней бровки, формированию предохранительно-

го вала либо траншеи (при необходимости) у нижней бровки уступа и зачистке блока. Обычно осуществляется бульдозерами или другой вспомогательной техникой.

Бурение

Чтобы обеспечить отделение породы от массива, взрывчатое вещество должно быть помещено в специальную искусственную полость, образование которой осуществляется в процессе буровых работ.

По типам действия буровые станки для буровзрывных работ на разрезах подразделяются на [35]:

- станки вращательного действия;
- станки ударно-вращательного действия, главным образом с использованием погружных пневмоударников.

По типу рабочих органов буровые станки вращательного действия подразделяются на:

- станки шнекового (режущего) бурения (серия СБР);
- станки шарошечного бурения, которые предназначены для бурения твердых пород с помощью так называемых шарошек с зубьями из твердого сплава (серии СБШ, БАШ).

Некоторые станки имеют возможность осуществлять как шнековое, так и шарошечное бурение. Ряд станков имеет возможность осуществлять как вращательное, так и ударно-вращательное бурение.

По массе буровые станки подразделяются на легкие (до 40 т), средние (40–60 т) и тяжелые (60–130 т). В большинстве своем буровые станки устанавливаются на гусеничное шасси. Электрическая мощность буровых станков составляет от 2 до 120 кВт, а усилие подачи — от 5 до 600 кН. Буровые станки могут оснащаться как электрическим, так и дизельным двигателем. Все буровые станки оснащаются циклонной системой пылеулавливания.

При проведении буровзрывных работ на угольных разрезах бурят скважины глубиной до 64 м и диаметром до 400 мм.

Взрывные работы подразделяются на следующие этапы:

- заряжание, монтаж взрывной сети и забойка;
- взрывание.

В процессе взрывных работ могут применяться такие перспективные технологии, как применение систем высокоточного позиционирования бурового станка и использование электронных систем взрывания. Первая технология предполагает установку на буровой станок дополнительного оборудования, обеспечивающего высокую точность наведения. Это дает возможность управлять параметрами взрыва для достижения допустимого уровня негативного воздействия взрыва. Использование электронных систем взрывания позволяет задавать каждой скважине на взрываемом блоке любое время замедления из представленного диапазона. Точность срабатывания не превышает 1 мс от присвоенного времени. Имеется возможность тестирования детонаторов.

Заряжание, монтаж взрывной сети и забойка

Перевозка взрывчатых веществ (материалов) осуществляется с помощью специальных автомобилей на грузовом шасси. Доставка взрывчатых веществ и заряжание скважин осуществляются с помощью зарядных и смесительно-зарядных машин вместимостью от 5 до 30 т.

Забойка скважин производится с помощью забоечных машин-бункеров, производительность которых составляет до 150–200 скважин за смену.

Взрывание

Для проведения взрывных работ на угольных разрезах применяют гранулированные (гранулит, игданит, алюмотол и т. д.) и водонаполненные (эмульсионные) взрывчатые вещества (акватол, ифзанит, порэмит, нитронит, сибирит, эмульсолит А-20 и т. д), которые отличаются наличием в своем составе воды и загустителя, что облегчает механизацию зарядки, обеспечивает высокую плотность заряжания и позволяет заряжать обводненные скважины. Порошкообразные вещества (аммонит, аммонал, детонит и др.) обычно используются для вторичного дробления горной массы и в качестве патронов-боевиков. Также возможно применение пластичных взрывчатых веществ (например, порэмит). Для ограничения выбросов газов в атмосферу целесообразно применять взрывчатые вещества с нулевым или близким к нему кислородным балансом.

Взрывание высоких уступов (высотой 20–30 м и более) позволяет уменьшить высоту подъема пылегазового облака в 1,2 раза по сравнению с взрыванием обычных уступов [55]. Для обеспечения рассеивания пылегазового облака взрыв приурочивают ко времени максимальной ветровой активности.

Размеры максимально допустимого куска во взорванной массе ограничиваются параметрами экскаваторов, транспортных средств (самосвалов, вагонов, конвейеров) и дробилок. Куски, имеющие размеры больше допустимых, подвергают дополнительному вторичному дроблению с применением накладных зарядов либо дроблению механическим способом.

Взрыв зарядов может осуществляться двумя способами [35]:

- мгновенный;
- короткозамедленный (взрывание группы зарядов в определенной последовательности через заданные промежутки времени).

По взрыванию зарядов выделяются порядковая (порядная), диагональная и волновая (врубовая) схемы.

2.2.1.2 Механическое рыхление

Полускальные породы могут разрушаться на куски, удобные для выемки, с помощью навесных рыхлителей, установленных на тяжелые тракторы [35]. Для этой задачи применяются рыхлительные агрегаты на базе тяжелых бульдозеров [56] российского и импортного производства.

Также для рыхления горных пород могут применяться фрезерные и стреловые комбайны, а также гидравлические экскаваторы.

2.2.1.3 Гидравлическое разрушение

Гидравлический способ может применяться только для разрушения мягких горных пород. Применение гидравлического разрушения позволяет снизить объем выделения пыли в атмосферу.

В качестве вспомогательного оборудования на разрезах также применяются насосы и землесосы. Для вторичного дробления горной породы на разрезах применяются гидравлические бутобои.

В большинстве способов в массиве, подвергающемуся гидравлическому разрушению, по определенной сетке бурятся скважины, в которые затем нагнетается вода. Вода, нагнетаемая в угольный пласт под давлением, проникает в массив по плоскостям напластования, кливажным и другим трещинам и увлажняет уголь. При таком увлажнении происходит разупрочнение массива за счет расширения микро- и макротрещин, растворения и вымывания минеральных частиц.

Для нагнетания жидкости используются скважины диаметром 100–160 мм. На угольных разрезах расход воды на нагнетание составляет 50–100 л/мин, давление воды — 1,5–6 МПа, а расстояние между скважинами — 5–15 м. Для герметизации скважин при предварительном увлажнении применяют герметизаторы. Для предварительного увлажнения угольного массива через скважины могут применяться серийные насосные установки.

Кроме того, гидравлическое разрушение может осуществляться на основе использования кинетической энергии струи воды, выбрасываемой гидромонитором. На угольных разрезах Кузбасса применяются гидромониторы ГМД-250, ГМД-250М, ГД-300.

2.2.2 Выемочно-погрузочные работы (экскавация)

Выемочно-погрузочные работы представляют собой отделение от массива мягкой или предварительно разрыхленной крепкой породы с последующей погрузкой в транспортные средства или непосредственно в отвал.

Системы разработки месторождений открытым способом можно классифицировать следующим образом. Системы разработки по направлению подвигания фронта горных работ разделяются на:

- продольные, при которых однобортовой или двухбортовой фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно длинной оси карьерного поля;
- поперечные, при которых однобортовой или двухбортовой фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно короткой оси карьерного поля;
- веерные, при которых фронт вскрышных и добычных работ перемещается по вееру с центральным (общим) или рассредоточенными (два и более) поворотными пунктами;
- кольцевые, при которых рабочая зона охватывает все борта по периметру карьера и разработка производится кольцевыми полосами от центра к границам карьерного поля или от границ к центру.

При разработке горизонтальных или пологих залежей по окончании горно-подготовительных работ создается первичный фронт вскрышных и добычных разреза; возобновление горно-подготовительных работ возможно при реконструкции карьера. Такие системы разработки называются сплошными. При разработке наклонных и крутых залежей горно-подготовительные работы ведутся как в период строительства, так и при эксплуатации разреза для создания фронта добычных и вскрышных работ. Такие системы разработки могут быть названы углубочными.

Направление выемки в плане может быть: однобортовым, двухбортовым, центральным, периферийным и рассредоточенным [57].

Большинство угольных разрезов Кузбасса разрабатываются по углубочной продольной одно- или двухбортовой системе, что влечет за собой размещение вскрышных

пород во внешних отвалах. Анализ работы угольных разрезов в ряде зарубежных стран (Австралия, Великобритания, Канада, Колумбия, США) показывает, что применение поперечной системы разработки с применением внутренних отвалов обеспечивает более низкую землеемкость (отношение площади нарушенных земель к добыче полезного ископаемого за период), чем углубочная продольная система. Теоретически переход от применения внешнего отвала к использованию внутреннего может привести к снижению землеемкости разреза в 1,5–2 раза [58].

Основным средством для проведения выемочно-погрузочных работ являются экскаваторы, иногда применяется и другая техника (скреперы, бульдозеры, погрузчики и т. д.).

Экскаваторы могут быть одноковшовыми и многоковшовыми. Одноковшовые экскаваторы характеризуются цикличным действием — они последовательно выполняют операции копания и перемещения горной массы в ковше, поворачиваясь вокруг своей оси. Многоковшовые экскаваторы характеризуются непрерывным действием — они производят выемку и погрузку горной массы в процессе перемещения ковшей по круговой траектории [35].

Экскаваторные забои могут быть торцовыми (используются для одноковшовых и роторных экскаваторов), фронтальными (используются для цепных экскаваторов на рельсовом ходу и фронтальных погрузчиков) и тупиковыми (для проходки траншей).

По взаимному расположению экскаватора и транспортного средства выемка может быть организована: верхним черпанием и верхней погрузкой, нижним черпанием и нижней погрузкой, смешанным черпанием и погрузкой. По характеру движения транспортных средств под погрузку различают две схемы движения: тупиковую и сквозную.

Для экскаваторов с механической лопатой максимальная производительность достигается при работе в торцевых забоях, поскольку в таких случаях угол поворота стрелы составляет до 90°, и возможно организовать сквозную схему движения транспорта. При работе экскаваторов с механической лопатой в тупиковом забое необходимо увеличить угол поворота стрелы, а самосвалы вынуждены двигаться по тупиковой схеме. При работе экскаваторов с механической лопатой во фронтальном тупиковом забое также высок угол поворота стрелы, а сами экскаваторы вынуждены часто перемещаться.

2.2.2.1 Экскавация одноковшовыми экскаваторами

Одноковшовые экскаваторы характеризуются меньшей производительностью, чем многоковшовые, но они пригодны для выемки взорванных крепких пород в любое время года.

По принципу передачи энергии от двигателя к ковшу одноковшовые экскаваторы разделяют на механические и гидравлические. В механических экскаваторах используется система валов, шестеренок и разных передач, а в гидравлических — гидронасосы и гидродвигатели.

По видам используемых двигателей одноковшовые экскаваторы подразделяют на электрические и дизельные. Электрические экскаваторы характеризуются большей грузоподъемностью и меньшими эксплуатационными расходами, но меньшей мобильностью и требуют подключения к электросети. Гидравлические экскаваторы обладают высокой подвижностью стрелы, рукояти и ковша, а также большим усилием копания.

По типу ходового оборудования одноковшовые экскаваторы подразделяются на гусеничные, шагающие, реже распространены пневмоколесные и рельсовые экскаваторы.

По конструктивной схеме одноковшовые экскаваторы подразделяются на механическую лопату (с жесткой связью между ковшом и рукоятью) и экскаваторы с канатной связью (драглайны). Экскаваторы типа механической лопаты подразделяются на машины с прямой лопатой и с обратной лопатой. Также они могут различаться по типу используемых передаточных устройств (канатные, реечные).

По эксплуатационному назначению и роду выполняемой работы существующие типы экскаваторов классифицируют на карьерные, вскрышные, добычные, строительные и т. д.

В угольной отрасли широко распространены одноковшовые экскаваторы с механической лопатой и электрическим приводом серии ЭКГ (экскаваторы карьерные гусеничные), также применяются экскаваторы ЭГ (экскаваторы гидравлические). Экскаваторы этих типов имеют ковши вместимостью 1–40 м^3. Для вспомогательных работ используются строительные (универсальные) экскаваторы с ковшами малой емкости (0,5–2 м^3).

Для вскрышных работ применяются драглайны серий ЭВГ (экскаваторы вскрышные гусеничные) и ЭШ (экскаваторы шагающие). Экскаваторы обеих серий снабжены длинной стрелой (до 90 м) и большими ковшами (вместимостью до 40 м^3). Они способны перегружать вскрышную породу сразу в отвал или в выработанное пространство.

2.2.2.2 Экскавация многоковшовыми экскаваторами

Многоковшовые экскаваторы позволяют ускорить процесс выемочно-погрузочных работ, но их применение возможно только при разработке рыхлых, сыпучих пород и исключительно в теплое время года. Основными типами многоковшовых экскаваторов являются цепные и роторные. Рабочим органом цепных экскаваторов является ковшовая рама, у которой один конец шарнирно закреплен на корпусе, а другой подвешен на укосине и полиспастах. Выемка породы в забое производится ковшами, которые прижимаются к забою весом рамы. Цепные экскаваторы могут передвигаться как собственным ходом (гусеничным или шагающим), так и железнодорожным транспортом. Емкость ковшей цепных экскаваторов составляет от 2,5 до 45 м^3. Производительность цепных экскаваторов составляет от 800 до 10 000 м^3/ч.

Рабочим органом роторных экскаваторов (ЭР) является роторное колесо диаметром от 2,5 до 18 м, расположенное на конце стрелы и снабженное множеством ковшей (обычно от 6 до 24). Емкость ковшей цепных экскаваторов составляет от 3 до 80 м^3. Производительность большинства роторных экскаваторов составляет от 630 до 5000 м^3/ч и более [35].

Роторные экскаваторы являются частью роторных комплексов, в которые также входит конвейер или отвалообразователь. Связь между ними обеспечивают специальные устройства — перегружатели.

2.2.2.3 Экскавация прочей техникой

За исключением экскаваторов при выемочно-погрузочных работах, могут применяться: погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины. Пре-

имущественно они используются на вспомогательных работах (строительство дорог, подготовка рабочих и отвальных площадок), но иногда могут применяться и для погрузки угля и вскрышных пород.

Бульдозеры применяются исключительно для вспомогательных работ (удаление верхнего слоя почвы, планировка поверхностей, ремонт дорог).

Скреперы могут также использоваться для выемки мягких пород с транспортировкой их на небольшое расстояние. В большинстве своем скреперы представляют собой колесные буксируемые машины, которым требуется тягач. Вместимость ковша скрепера составляет 6–40 м^3. Производительность скрепера с ковшом 15 м^3 может составить 250–400 м^3/ч.

Погрузчики могут применяться для планировки поверхностей и погрузки взорванной горной массы. На угольных разрезах могут применяться погрузчики грузоподъемностью ковша от 2 до 36 т и объемом ковша 6–14 м^3. Сменная производительность погрузчиков может достигать 4000 т. Погрузчики могут иметь как гусеничное, так и колесное шасси. При открытой добыче обычно применяют неповоротные (фронтальные) погрузчики, которые, как правило, характеризуются большей грузоподъемностью по сравнению с полуповоротными и полноповоротными. Использование погрузчиков на угольных разрезах ограничено, поскольку их применение требует низкой высоты забоя и относительно малых размеров кусков взорванной породы. Кроме того, погрузчики отличаются низким напорным усилием при внедрении ковша в горную массу. В большинстве своем погрузчики работают по челночной схеме движения.

Обычно погрузчики и скреперы применяются для выемки пород на небольших разрезах с годовым объемом работ до 3 млн т и расстоянием транспортировки 0,3–0,5 км [35].

2.2.3 Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов)

Перемещение горной массы (вскрышной породы и угля) от забоя до пунктов разгрузки может осуществляться с применением трех основных видов транспорта: автомобильного, железнодорожного и конвейерного. В редких случаях также могут использоваться скипы или канатные дороги.

Автомобильный и железнодорожный транспорт характеризуется цикличным действием, а конвейерный — непрерывным.

Принципиальными особенностями карьерного транспорта являются: быстрая оборачиваемость и интенсивность движения, значительный уклон транспортных путей, большая ударная нагрузка при погрузке.

На ряде месторождений применяется комбинированная транспортировка, которая предполагает последовательное использование для перемещения карьерных грузов различных видов транспорта. Существует несколько вариантов комбинирования транспорта [35].

Широкое распространение получила комбинация автомобильного и железнодорожного транспорта, при которой горная масса доставляется автотранспортом из забоев до перегрузочных пунктов, а оттуда — железнодорожным транспортом на поверхность земли. Данная комбинация целесообразна при средней глубине разреза (120–150 м) и большом расстоянии транспортировки.

Возможна комбинация автотранспорта с конвейерными или скиповыми подъемниками, которая эффективна при больших глубинах (более 120–150 м).

На высокогорных разрезах, где спуск горной массы при перепаде высот 200–800 м затруднен, применяется комбинация автотранспорта с углеспусками или подвесными канатными дорогами.

2.2.3.1 Автомобильный транспорт

Автомобильный транспорт распространен на угольных разрезах достаточно широко, особенно на тех из них, что ограничены в плане и обладают невысокой производительностью (до 15 млн т/год). Автомобильный транспорт может использоваться на путях с крутым подъемом (до 8 % — 12 %) и малым радиусом поворота (20–24 м). С другой стороны, автотранспорт отличается рядом недостатков:

- меньшая грузоподъемность в сравнении с железнодорожными составами;
- необходимость создания гаражной службы с большим количеством соответствующего персонала;
- относительно частый ремонт техники и ограниченный срок службы (5–6 лет);
- более высокие удельные затраты на транспортировку одной тонны горной породы;
- зависимость от погодных условий.

Подвижной состав автомобильного транспорта в разрезах представлен автосамосвалами и полуприцепами. Автосамосвалы обычно оснащаются ДВС на дизельном топливе (расход топлива повышается в плохих дорожных условиях, при низкой температуре), тип трансмиссии может быть гидромеханический или электромеханический. Эффективность использования автотранспорта зависит от схемы движения автосамосвалов в забое. В определенных случаях возможно осуществить спаренную установку самосвалов под погрузку, что обеспечивает более высокую производительность.

При транспортировке угля автомобильным транспортом требуется проведение работ по ремонту автодорог. Для этой задачи применяются бульдозеры, грейдеры, скреперы и щебнеразбрасывающие машины (с лепестковым или барабанным разбрасывателем щебня)

2.2.3.2 Железнодорожный транспорт

Железнодорожный транспорт, как правило, применяется на неглубоких (до 300–350 м), но больших в плане угольных разрезах (с протяженностью фронта на уступах от 300–500 м) с высокой производительностью (от 25 млн т/год) и большим расстоянием транспортировки грузов (3–4 км и более). Преимуществами этого вида транспорта являются:

- длительные сроки эксплуатации;
- надежность при работе в любом климате;
- возможность использования различных видов энергии (электроэнергии или дизельного топлива).

Применение железнодорожного транспорта ограничивается рядом недостатков:

- высокие затраты на строительство и ремонт рельсовых путей;
- необходимость большого радиуса закругления путей (120–150 м);
- ограниченный уклон путей (обычно до 2 % — 3 %, реже до 40 % — 60 %).

Рельсовые пути на разрезах могут быть как стационарными, так и временными (временные пути периодически перемещаются вслед за фронтом работ). Стационарные пути обеспечивают скорость движения до 30–40 км/ч, временные — до 15–20 км/ч. Для перемещения рельсошпальной решетки применяются бульдозеры. Для обслуживания железнодорожных путей используются различные путевые машины: думпкары-дозаторы, универсальные шпалоподбоечные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу.

В качестве локомотивов чаще используются тепловозы, поскольку для их эксплуатации не требуется сооружение контактной сети. Таким образом, при эксплуатации тепловозов можно эффективно осуществлять перемещение рельсовых путей. Также применяются тяговые агрегаты (сцепленные секции локомотивов и думпкаров, оборудованных тяговыми электродвигателями), маневровые устройства, способные передвигать железнодорожные вагоны в обоих направлениях, и толкатели, предназначенные для привода механизмов автоматики.

Для карьерного транспорта могут применяться три типа саморазгружающихся вагонов: думпкары, хопперы и гондолы. Думпкары представляют собой вагон с низкими бортами, один из которых может откидываться при наклоне кузова. Грузоподъемность думпкаров может составлять 60–180 т. Хопперы оснащены кузовами в форме воронки с люками в нижней части. Грузоподъемность хопперов составляет 50–70 т. Вагон-гондола представляет собой полувагон с горизонтальным полом и люками в днище. Грузоподъемность гондол составляет 60–100 т.

2.2.3.3 Конвейерный транспорт

Конвейерный транспорт целесообразен на высокопроизводительных разрезах (20–30 млн т/год), где используются экскаваторы непрерывного действия, а также на разрезах с большой глубиной (от 150–200 м), с пересеченной местностью и для транспортировки грузов на относительно большие расстояния (от 3 до 20 км).

Конвейер характеризуется наименьшими трудозатратами среди всех видов карьерного транспорта. Однако его применение характеризуется рядом ограничений:

- перемещаемые грузы должны быть однородны, отличаться невысокой абразивностью и малой крупностью (до 500 мм);
- ограниченный угол подъема (до 22°);
- быстрый износ транспортерной ленты.

Длина става конвейера с одним приводом может составлять 400–1500 м, ширина транспортерной ленты — от 0,9 до 3,6 м. Скорость движения конвейеров составляет 2–6 м/с. Производительность конвейеров может составлять от 500 до 5000 $м^3$/ч.

По назначению конвейеры могут быть забойными, подъемными, магистральными и отвальными. Крупнейшие в России магистральные конвейеры длиной 15 км действуют на Березовском разрезе (Красноярский край).

2.2.3.4 Прочие виды транспорта

В редких случаях для транспортировки угля и вскрышных пород могут использоваться скипы (опрокидывающие вагонетки) или канатные дороги.

2.2.4 Складирование и отгрузка угля

2.2.4.1 Складирование угля

Общие положения

Складирование угля на складах в большинстве своем осуществляется в открытых штабелях (реже — в бункерах и закрытых складах). На складе должно осуществляться раздельное хранение углей по сортомаркам, состоянию и срокам хранения. Контроль качества угля осуществляется с помощью лабораторного комплекса, который проводит анализ изменения состава и параметров угля и продуктов обогащения.

При строительстве и эксплуатации штабелей должны быть учтены все условия, обеспечивающие сохранение качества угля и максимальное снижение потерь. Для сооружения склада следует выбирать сухую незаболоченную площадку, по возможности вблизи железнодорожных путей и защищенную от ветров естественными или искусственными заслонами (кроме того, штабеля на складах следует располагать вдоль направления господствующих ветров). Выбранная для склада площадка должна быть очищена от шлаков, мусора, металлолома, древесных отходов, растительности и других посторонних предметов и хорошо выровнена.

Площадка для складирования угля должна быть спланирована таким образом, чтобы исключить ее затопление дождевыми, талыми или грунтовыми водами (площадка под складом должна иметь уклон в 3–5° для стока воды за пределы склада, могут также устраиваться специальные подштабельные основания). Также площадка должна быть снабжена дренажными устройствами для отвода грунтовых, дождевых и талых вод.

Для складирования устойчивых к окислению углей рекомендуется устройство прочных забетонированных оснований, исключающих потери угля в грунт и обеспечивающих хороший отвод тепла. Для малоустойчивых к окислению углей площадки под штабеля рекомендуются в виде естественного грунта, обеспечивающего хорошую теплоотдачу от угля в почву, относительно быстрое удаление атмосферных осадков, а также хороший контакт угля с основанием, что затрудняет свободный подсос воздуха в штабель.

Наиболее рациональной является форма штабеля в виде правильной усеченной пирамиды с основанием в виде вытянутого прямоугольника. Также возможно формирование штабелей удлиненной или округлой формы. Размеры штабеля зависят от применяемых способов укладки (для рядовых углей — с послойным и поверхностным уплотнением, для сортовых — без уплотнения), а также от свойств и сроков хранения угля. По мере роста склонности углей к окислению и самовозгоранию максимальная допустимая высота штабелей сокращается до 2,5 м. Ширина штабеля из бурых и каменных углей должна быть не более 20 м.

В процессе хранения угля происходит его окисление, нагревание и изменение технологических свойств. Предельные сроки хранения угля в штабелях составляют от 6 до 24 мес. При закладке рядового угля на длительное хранение необходимо производить уплотнение горизонтальных поверхностей штабеля и откосов, в особенности в их нижней части.

Противодействие нагреву и самовозгоранию

Для предупреждения нагревания и самовозгорания при хранении наиболее склонных к окислению углей (помимо послойного и поверхностного уплотнения их в штабеле для рядовых углей) рекомендуется:

- внесение ингибиторов (антиокислителей в виде растворов, водных эмульсий, суспензий или сухих реагентов) в процессе формирования штабелей с послойным и поверхностным уплотнением угля или с помощью специальной насосной установки через трубы с отверстиями, погружаемые в штабель;
- покрытие поверхности штабеля специальными составами;
- покрытие поверхности штабеля суспензией гашеной извести в целях уменьшения перегревания штабеля (для южных регионов).

Не допускается:

- устраивать в штабелях вентиляционные каналы или вытяжные трубы с целью охлаждения;
- складировать уголь свежей добычи на старые отвалы угля, пролежавшего более одного месяца;
- располагать штабели угля и торфа над источниками тепла (паропроводы, трубопроводы горячей воды, каналы нагретого воздуха), а также над проложенными электрокабелями и нефтегазопроводами;
- смешивать в одном штабеле угли разных марок [59].

При хранении склонных к самовозгоранию углей необходимо периодически проверять его температуру внутри штабеля (для чего штабель должен быть снабжен металлическими трубами) и проводить мониторинг внешних признаков. При хранении устойчивых к окислению углей и антрацитов определение температуры угля может производиться термощупом.

При самонагревании угля в штабеле могут приниматься следующие меры:

- уплотнение угля в местах очагов нагрева;
- удаление нагретого угля из штабеля и направление его для использования;
- удаление загоревшегося угля, перенос его на отдельную площадку тонким слоем, интенсивная поливка его водой до полного тушения, отгрузка потушенного угля;
- при невозможности удаления угля из штабеля или его отгрузки применяется тушение очагов загоревшегося угля путем уплотнения пораженных мест и заливания очагов водной суспензией гашеной извести или глинистым раствором (в необходимых случаях поверхность штабеля покрывается слоем глиняной обмазки) и другими антипирогенами.

Угли с содержанием влаги более 6 % — 7 % и при содержании мелочи более 20 % независимо от марки подвержены промерзанию в штабеле на глубину 0,5–2 м в зависимости от климатических условий.

Противодействие смерзанию

Для предотвращения смерзания углей осуществляют:

- взрыхление верхнего слоя штабеля с помощью машин-рыхлителей или других приспособлений до наступления заморозков или после заморозков, если толщина промерзания не превысила 100–150 мм;
- обработку верхнего слоя угля до заморозков поверхностно-активными веществами (нефтепродуктами, отходами коксохимического и нефтеперерабатывающего производств) на глубину промерзания.

В зависимости от емкости склады должны быть оборудованы необходимым количеством механизмов соответствующей производительности, в том числе кранами, скреперами, катками, весами, наружным освещением, противопожарными водопроводами, прочими противопожарными средствами. Вентиляция закрытых помещений при необходимости в холодное время года может осуществляться с применением калориферов.

2.2.4.2 Отгрузка угля

Отгрузка угля с открытых складов может производиться как универсальным оборудованием (экскаваторами, погрузчиками), так и специализированным — погрузочными комплексами. Погрузочные комплексы характеризуются высокой производительностью (до 2 млн т/год, или 500 т/ч) и потому часто применяются для погрузки угля в железнодорожные вагоны [60].

Погрузочные комплексы могут включать в свой состав дробильные и сортировочные установки (см. 2.3.2). Обычно оборудование комплексов позволяет выполнить следующие операции:

- загрузку рядового угля экскаваторами с открытого склада в приемный бункер;
- сортировку угля на колосниковом грохоте;
- дробление угля;
- доставку угля наклонным конвейером;
- сортировку угля на инерционном грохоте;
- погрузку в железнодорожные вагоны.

Кроме того, при отгрузке угля в железнодорожные вагоны могут применяться машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания.

2.2.5 Контроль качества угля

Данный вопрос рассмотрен в соответствующем пункте при рассмотрении добычи угля подземным способом (см. 2.1.5).

2.2.6 Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение

При открытой разработке полезных ископаемых система водоотлива состоит из устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборников, насосных станций с водоотливными установками и нагнетательными трубопроводами. Устройства для регулирования внутрикарьерного стока включают пригрузки для предотвращения деформаций рыхлых пород на участках просачивания подземных вод на откосах, водоотводные канавы или трубы для сбора воды на всех уступах и в выработанном пространстве и отвода воды вначале к участковым, а затем к главным водосборникам.

В зависимости от местоположения главных водосборников карьерный водоотлив разделяется на открытый, подземный и комбинированный, включающий элементы открытого и подземного.

При открытом водоотливе водосборники с насосными станциями располагают на самых низких отметках карьера. Водосборники главных водоотливов сооружаются при притоках воды более 50 $м^3$/ч и рассчитываются на прием не менее 3-часового нор-

мального притока воды. Насосные станции сооружают у водосборников и оборудуют водоотливными установками, производительность которых должна обеспечивать откачку максимального суточного притока воды за 20 ч; дополнительно предусматриваются резервные насосы. В районах, где притоки ливневых вод могут в несколько раз превышать нормальные, насосы главных водоотливов выполняют плавучими. При открытом водоотливе на обводненных карьерах применяют в основном высокопроизводительные низконапорные насосы. Нагнетательные трубопроводы прокладываются на нерабочих бортах карьеров. В зимнее время водоотливные установки, нагнетательные трубопроводы, а также водоотводные канавы защищаются от промерзания [37].

Для водоотвода применяются насосные установки с дизельными или электрическими двигателями, обычно оснащаемые центробежными насосами. Подача воды центробежными насосами может превышать 1 тыс. $м^3$/ч.

Водоснабжение в угольных разрезах осуществляется для обеспечения орошения и иных методов предотвращения загрязнения атмосферного воздуха, а также для обеспечения противопожарной защиты.

2.2.7 Природоохранные технологии

2.2.7.1 Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха

Основным загрязняющим веществом, выбрасываемым в воздух при открытой добыче угля, является неорганическая пыль. Здесь и далее под неорганической пылью подразумевается совокупность трех веществ:

- пыли неорганической с содержанием кремния менее 20 %;
- пыли неорганической с содержанием кремния 20 % — 70 %;
- пыли неорганической с содержанием кремния более 70 %.

Выбросы неорганической пыли в атмосферу по массе многократно превышают выбросы иных загрязняющих веществ при открытой добыче угля (кроме оксида углерода). При этом именно неорганическая пыль является продуктом, эмиссия которого непосредственно обусловлена технологическими процессами добычи угля. Эмиссия других загрязняющих веществ (оксидов азота, диоксида серы, сажи и т. д.) обусловлена сгоранием топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) и котельных агрегатах, т. е. связана с деятельностью универсального оборудования, которое широко применяется за рамками угольной отрасли. Следовательно, в контексте определения НДТ в угольной отрасли целесообразно рассматривать лишь выбросы неорганической пыли и абстрагироваться от выбросов продуктов сгорания топлива.

Выделение неорганической пыли осуществляется на всех стадиях производственного процесса при открытой добыче угля — от буровзрывных работ до отгрузки товарного угля.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха от вредных выбросов при открытой добыче угля подразделяются на предупреждение загрязнения и устранение последствий загрязнения. Мероприятия по устранению последствий загрязнения менее эффективны, более трудоемки и дорогостоящи. Более того, во многих случаях они оказываются вообще невыполнимыми, поскольку открытая добыча угля осуществляется на обширных разрезах, которые не могут быть изолированы от атмосферы.

Положительным образом на охрану воздушного бассейна влияют мероприятия общего характера, в первую очередь связанные с утилизацией отходов (см. 2.2.7.3). В частности, к таким мероприятиям относятся: рекультивация нарушенных земель, закладка выработанного пространства, использование вскрышных пород в качестве строительных материалов. Также улучшению состояния воздушного бассейна способствуют заблаговременная ориентация угольных разрезов с учетом природно-климатических условий местности (прежде всего, розы ветров) и обустройство закрытых угольных складов.

Среди специальных мероприятий, непосредственно направленных на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха, выделяются:

- мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах (кроме орошения);
- орошение;
- обеспыливающее проветривание;
- обработка дорожного полотна;
- пылеулавливание;
- предотвращение эрозии.

2.2.7.1.1 Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах

Использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием

Использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием (например, пеногелевой забойки) способствует сокращению пылевыделения при взрывных работах [61].

Гидрозабойка и гидрогелевая забойка

Внутренняя гидрозабойка шпуров и скважин осуществляется помещением в них специальных ампул, наполненных водой (или гелем), либо полиэтиленового рукава, диаметр которого на 15 мм больше, чем диаметр скважины.

Внешняя гидрозабойка производится путем установки над скважинами полиэтиленовых емкостей (рукавов) с водой (или гелем), взрываемых на доли секунд раньше скважинных зарядов. Образующаяся водяная завеса позволяет уменьшить количество пыли в 1,5–2 раза.

Наполнение рукавов водой осуществляется с помощью поливочной машины. При расходе воды 1,0–1,5 кг/м^3 горной массы концентрация пыли в пылегазовом облаке сокращается на 20 % — 30 %, а количество образующихся окислов азота уменьшается в 1,5–2 раза. На каждую из взрываемых скважин помещается до трех полиэтиленовых мешков с водой емкостью до 150 л каждый.

Эффективна комбинированная водяная забойка, которая представляет собой объединение как внешней, так и внутренней забойки скважин. В зимний период возможно применять в качестве материала для забойки водные растворы солей NaCl и $CaCl_2$ или снежно-ледяную смесь.

Для уменьшения пылевыделения при массовых взрывах используется забойка скважин гидрогелем (состоит из аммиачной селитры, жидкого стекла и воды). С целью повышения эффективности пылегазоподавления в состав гидрогеля вводятся добавки

минеральных солей, смыленных синтетических жирных кислот и парафина. Гидрогель изготовляют на специальном заправочном пункте или непосредственно в баках машины, предназначенной для заполнения скважин гидрогелем.

Данный вид мероприятий является весьма затратным, поскольку требует значительного расхода воды или использования гидрогеля, а также применения специальной техники и оборудования.

Применение веществ-нейтрализаторов

Для уменьшения количества образующихся при взрывах токсичных газов необходимо применять взрываемое вещество с нулевым или близким к нему кислородным балансом. При применении взрываемых веществ с отрицательным балансом для снижения загрязнения атмосферы рекомендуется в забоечный материал добавлять различные нейтрализаторы, например известь-пушонку. Однако применение веществ-нейтрализаторов приводит к существенному удорожанию забоечного материала.

2.2.7.1.2 Орошение

Предварительное орошение рабочего участка

Прилегающая к взрывному блоку или экскаваторному забою зона может предварительно орошаться водой для предотвращения взметывания пыли. Эта зона захватывает территорию на ширину 50–60 м от границы взрываемого блока. Предварительное орошение следует производить из расчета 8–10 л воды на 1 м^2 площади орошения. Для зимних условий вместо воды могут использоваться растворы хлористого магния, хлористого натрия, хлористого кальция, которые не замерзают при температурах до −50 °С, в зависимости от концентраций соли в воде.

Предварительное увлажнение массива для экскавации обеспечивает эффективность пылегазоподавления до 80 % — 85 % [54].

Для предварительного орошения (а также для транспортировки горной массы ленточными конвейерами) может использоваться пена [62], но ее применение для данной задачи является гораздо более дорогостоящим по сравнению с водой (см. 2.1.8.1.3). С другой стороны, применение пены для пылеподавления позволяет снизить расход воды [63].

Предварительное орошение буровых скважин

Буровые скважины могут подвергаться орошению воздушно-водяной смесью. В результате этого в призабойном пространстве создается водяной факел, перекрывающий всю поверхность забоя. Смоченная водой пыль вместе с буровой мелочью выносится из скважины и вентилятором местного проветривания отбрасывается от устья скважины. Системами орошения воздушно-водяной смесью оснащается ряд буровых станков. Для снижения пылеобразования применяют воздушно-эмульсионные смеси, при которых эффективность пылеподавления выше, чем при воздушно-водяных. Воздушно-эмульсионные смеси образуют на основе водорастворимых присадок.

Орошение угля и пустой породы

Орошение применяется в следующих случаях:

- при буровзрывных работах;
- при выемочно-погрузочных работах;
- при транспортировке угля автомобильным транспортом (орошаются дороги);

- при транспортировке угля конвейерным транспортом;
- при отвалообразовании (орошаются дороги).

Эффективными инструментами для орошения являются:

- гидромониторно-насосные установки;
- оросительные, распылительные, дождевальные установки;
- оросительно-вентиляционные установки.

Гидромониторно-насосные установки создают поток воды. Они включают гидромонитор и насос. Вместо гидромонитора могут использоваться водометные стволы различной конструкции (в том числе пожарные). В различных условиях используются гидропоезда, специальные поливочные машины, стационарные и полустационарные гидромониторные установки. Гидропоезд состоит из локомотива, железнодорожных цистерн и платформы. На платформе смонтированы оросительные установки или гидромониторы. Специальные поливочные машины представляют собой оросительные установки, поставленные на шасси автосамосвала.

Оросительные, распылительные, дождевальные установки разбрызгивают воду на определенную территорию. Системами орошения, основанными на этих установках, оснащаются роторные экскаваторы.

Воздушно-водяные струи могут быть созданы с помощью оросительно-вентиляционных установок или турбореактивных двигателей, смонтированных на железнодорожной платформе или автомобильном шасси. При использовании турбореактивных двигателей вода подается по трубам, расположенным по периметру сопла двигателя. Основными недостатками использования турбореактивных двигателей являются: большой расход горючего, выделение большого количество оксида углерода за счет неполного сгорания топлива, наличие шума высоких уровней.

Гидромониторно-насосные установки применяются для орошения взорванной горной массы в экскаваторных забоях.

Оросительно-вентиляционные установки применяются для:

- подавления пылегазового облака после проведения взрыва;
- орошения взорванной горной массы в экскаваторных забоях.

Оросительные, распылительные, дождевальные и гидромониторно-насосные установки применяются для:

- орошения взорванной горной массы в экскаваторных забоях;
- орошения автодорог (см. 2.2.7.1.4);
- орошения угля на ленточных конвейерах, а также при разгрузке автосамосвалов и железнодорожных вагонов;
- орошения пустой породы при отвалообразовании (см. 2.2.7.1.6).

Повысить эффективность орошения и увлажнения можно за счет применения растворов поверхностно-активных веществ, но их применение для данной задачи является гораздо более дорогостоящим по сравнению с водой.

В процессе добычи угля открытым способом эффективность пылеподавления данным способом достигает [54]:

- 0,85–0,9 при взрывных работах;
- 0,8–0,85 при выемочно-погрузочных работах;
- 0,5–1,0 при гидрообеспыливании автодорог (0,5–0,7 для нежесткого покрытия, 0,95–1,0 для твердого покрытия);

- 0,85–0,9 при гидрообеспыливании конвейеров, узлов погрузки угля и поверхности отвалов.

2.2.7.1.3 Обеспыливающее проветривание

Обеспыливающее проветривание производится вентиляционными установками местного проветривания или вентиляторно-оросительными установками при выемочно-погрузочных работах. Для проветривания могут применяться установки ПВУ-6, УМП-1А, УВУ как в стационарном исполнении, так и на шасси автосамосвалов.

2.2.7.1.4 Обработка дорожного полотна

Для предупреждения пылевыделения на автодорогах и подавления пыли применяют следующие способы:

- орошение дорог водой;
- орошение растворами и материалами, связывающими пылевые частицы.

Для снижения запыленности от автомобильной дороги обычно используют воду. Орошение дорог водой может осуществляться поливочными машинами или из специальных водопроводов. Поливочные машины комплектуются обычно на базе тракторов или автосамосвалов. В частности, применяются такие поливные машины. Поливка автодорог может осуществляться и с помощью форсунок от стационарных водоводов, проложенных вдоль дороги. Такой способ увлажнения целесообразен на дорогах в зонах карьера, не подверженных влиянию взрывов.

Эффективность использования воды ограничена из-за быстрого высыхания дороги: защитное действие при температуре 15° С — 27° С составляет менее часа. Поливка автомобильной дороги водой связана со значительными затратами. Частая поливка разрушает полотно дороги и уменьшает срок его службы, что приводит к преждевременному износу материальной части автомобилей, увеличению тормозного пути и значительному снижению скорости движения автомобилей.

Для борьбы с ветровой эрозией также применяется утрамбовывание и орошение используемых карьерным транспортом дорог. Кроме того, во время сильных порывов ветра транспортировка вскрышных пород и продуктов обогащения может приостанавливаться [64].

2.2.7.1.5 Пылеулавливание

Пылеулавливание применяется на стадиях:

- буровзрывных работ;
- выемочно-погрузочных работ;
- при транспортировке угля конвейерным способом.

Пылеулавливающими установками оснащаются буровые станки, роторные экскаваторы и ленточные конвейеры.

В технике пылеулавливания применяется большое число аппаратов различного принципа действия, в основу классификации которых положены силы, действующие на пылинки и отделяющие их от потока-носителя. По принципу действия они разделяются на следующие виды:

- механические обеспыливающие устройства, в которых пыль отделяется под силой тяжести (осадительные камеры);

- устройства, в которых отделение пыли происходит за счет сил инерции и центробежных сил (инерционные, жалюзийные пылеуловители, циклоны);

- мокрые пылеуловители, в которых твердые частицы в газообразной среде улавливаются жидкостью (трубы Вентури, ротоклоны, промывные камеры, скрубберы);

- пенные аппараты;

- обеспыливающие устройства с фильтрующим материалом (тканевые фильтры);

- электрические обеспыливающие устройства (электрофильтры).

В осадительных камерах пыль выпадает под действием силы тяжести при существенном уменьшении скорости пылевого потока. В таких аппаратах тонкие фракции пыли не задерживаются, поэтому они характеризуются низкой эффективностью пылеудаления (в среднем 30 % — 40 %, реже — до 60 % [65]). Кроме того, они громоздки и сложны для очистки. Поэтому пылеосадительные камеры применяются только в качестве аппаратов предварительной очистки, особенно при высокой начальной концентрации пыли (поскольку не имеют ограничений по запыленности газа).

Инерционные пылеуловители основаны на резком изменении направления движения пылевого потока, в результате чего частицы пыли соприкасаются с поверхностями осаждения, теряют скорость и выпадают из газового потока. Их используют для очистки газа от крупных частиц пыли и устанавливают перед аппаратами тонкой очистки.

Жалюзийные пылеуловители обычно применяют для улавливания частиц пыли крупнее 100 мкм . Несмотря на простоту конструкции и сравнительно с другими аппаратами небольшую стоимость этим пылеуловителям необходима дополнительная ступень очистки, как правило циклон. Кроме того, они характеризуются интенсивным износом пластин и цементацией пылевых частиц на пластинах.

Центробежные обеспыливающие устройства (циклоны) основаны на действии центробежной силы на частицу. Сущность циклонного способа пылеулавливания заключается в том, что запыленный газ вводят в направляющее (закручивающее) устройство, в котором он приобретает вращательное или вихревое движение и перемещается по нисходящей спирали. Твердые частицы, взвешенные в потоке, под действием центробежной силы движутся к стенке корпуса циклона, спускаются по ней вниз и выводятся из аппарата через разгрузочное устройство (шлюз), не пропускающее газ. Движение очищенного потока преобразуется внутри циклона во внутренний восходящий вихрь, который выводится через выхлопной патрубок. Преимуществом циклонного способа является устойчивость работы циклона при относительно высокой концентрации пыли и приемлемой эффективности пылеудаления (до 60 % — 95 % [66]). Циклонный способ пылеудаления является одним из самых распространенных. Однако частицы размером меньше 5 мкм улавливаются циклоном плохо.

В целом эффективность пылеподавления мокрыми пылеуловителями составляет 85 % — 95 % [65] (реже — до 99 % [66]). К числу аппаратов мокрого пылеудаления

относятся ротоклоны и трубы (скрубберы) Вентури. Ротоклон — устройство, в котором пылеуловитель скомпонован в одном блоке с центробежным вентилятором. В этом аппарате газ проходит через щелевые каналы (импеллеры), образованные изогнутыми лопатками, нижняя часть которых опущена в жидкость. При этом создается завеса из капель разбрызгиваемой жидкости. В этой завесе газ охлаждается и очищается от пыли.

Из мокрых аппаратов относительно эффективным является скоростной турбулентный промыватель — труба Вентури. В горловину трубы подается тонкораспыленная вода. Высокие скорости газа в этой части трубы способствуют тонкому измельчению воды, мелкие капельки которой движутся со скоростями, очень близкими к скоростям пылевых частиц. Это обеспечивает высокий эффект захвата и смачивания пылевых частиц. В диффузоре происходит адиабатическое расширение смеси, за счет чего температура ее резко падает, происходит конденсация паров влаги на поверхности частиц, которые объединяются в агрегаты и выпадают из потока под действием силы тяжести в центробежном циклоне. Скруббер Вентури может работать на оборотной воде, он малочувствителен к колебаниям параметров газов.

Достаточно высокой эффективностью очистки газов от пыли обладают пенные аппараты (их эффективность достигает 92 % — 99 % [65]). Принцип работы пенных аппаратов заключается в следующем: если через слой воды, поступающей на дырчатую или щелевую решетку, будет проходить газ в направлении снизу вверх, из слоя воды будет образовываться пена, состоящая из пузырьков газа и капелек воды. В такой пене газ интенсивно перемешивается с капельками жидкости. Охлаждение газа, очистка его от пыли и капельных примесей, а также поглощение газообразных компонентов происходят более эффективно, чем в аппаратах с использованием жидкости. Пенные аппараты являются более дорогостоящими по сравнению с альтернативными способами пылеулавливания.

Наибольшей эффективностью очистки от промышленной пыли обладают тканевые фильтры. Тканевые фильтры работают на использовании сил инерции, адгезии и броуновской диффузии. Газовый поток, двигаясь сквозь фильтр, огибает волокна, а крупные частицы по инерции движутся прямо, сталкиваются с волокном и остаются на нем. Более мелкие частицы при проходке через фильтр зацепляются, прилипая к волокнам ткани и другим частицам, осевшим на них. При наличии электрических зарядов на поверхности частиц действуют электрические силы. В тканевых фильтрах образуется слой осевшей пыли на поверхности фильтровального материала, что приводит к непрерывному увеличению аэродинамического сопротивления, снижая пропускную способность фильтра. Для очистки ткани от пыли предусмотрена ее регенерация путем встряхивания или продувки материала. Главным достоинством этих фильтров является высокая степень (99 % и более [65]) очистки, но они громоздки и металлоемки. Промышленные тканевые пылеуловители обычно имеют форму барабана, обтянутого тканью, матерчатых рукавов или карманов, работающих параллельно. Фильтрующую роль могут выполнять различного вида ткани (шерсть, дакрон, нитрон, стекловолокно, металлоткань) или картон.

Процесс электростатического осаждения взвешенных заряженных частиц в электрофильтре заключается в их перемещении в электрическом поле и осаждении на электроде. Преимуществом электрофильтров является возможность получения любой

степени очистки (до 99 % и более [66]), но они характеризуются высокой стоимостью и большими размерами. Кроме того, они непригодны для улавливания взрывчатой пыли.

Таблица 13 — Усредненные показатели работы пылеулавливающих аппаратов [65]

Пылеуловители	Запыленность газов на входе, кг/м^3	Размер осаждаемых частиц, мкм	Эффективность пылеулавливания, %
Осадительные камеры	Не ограничена	Более 100	30–40
Циклоны	До 400	Более 10	70–95
Мокрые пылеуловители	До 50	Более 2	85–95
Пенные аппараты	До 300	Более 0,5	95–99
Фильтры рукавные	До 20	Более 1	98–99
Электрофильтры	До 50	Более 0,05	До 99,9

Пылеулавливание происходит обычно в несколько стадий: на первой улавливается крупная буровая мелочь; на второй — грубодисперсная пыль, а на третьей — тонкодисперсная пыль (менее 10 мкм).

Например, пылеулавливающее устройство бурового станка СБШ-200 включает пылеосадительную камеру, циклоны, рукавный фильтр. На буровых станках СБШ-2М в качестве третьей ступени используется труба Вентури и циклоны. В станках шарошечного и пневмоударного бурения используются установки с высокоэффективным тканевым фильтром.

Для станков пневмоударного бурения типа БМК разработана пылеулавливающая установка УПП-5. Установка имеет 4 ступени очистки и состоит из пылеприемника, бункера дл отдельных крупных фракций, группового циклона, гидравлического осадителя для улавливания тонкодисперсной пыли и вентилятора высокого давления. При начальной концентрации пыли около 400 г/м^3 коэффициент пылеочистки составляет 99,9 %.

Фильтровентиляционные установки роторных экскаваторов включают фильтры, кондиционеры и циклоны. Система сухого пылеулавливания ленточного конвейера включает циклоны.

2.2.7.1.6 Предотвращение эрозии

Пылящими поверхностями на угольных разрезах, наряду с рабочими площадками и автодорогами, являются поверхности отвалов и склады. Для снижения пыления, а также для борьбы с эрозией этих поверхностей применяют химические и биологические методы.

Химические методы

В целях пылеподавления на отвалах, хвостохранилищах и складах необходимо поддерживать влажность верхнего слоя пылящих поверхностей, при которой уровень пылевыделения будет несущественным. Для решения этой задачи применяют те же методы, что и при обработке автодорог:

- орошение водой;
- обработка пылесвязующими веществами.

Орошение водой оказывает на процесс пылевыделения кратковременное действие.

В качестве пылесвязующих веществ могут использоваться отходы производства органических веществ, полимерные материалы (например, лигносульфат), сульфитно-спиртовая барда, латексы, реагенты в твердом виде или в виде жидкостей (хлористый натрий и кальций, полиакриламид, жидкое стекло).

Однако эти вещества применяются крайне редко, поскольку они являются более дорогостоящими по сравнению с водой. Кроме того, их применение способствует коррозии металла и приводит к вторичному загрязнению — формированию загрязненных сточных вод и выделению вредных паров.

Биологические методы

Перспективным способом предотвращения пылеобразования является озеленение нерабочих площадей (в том числе дамб хвостохранилищ, шламовых отстойников). Несмотря на значительную трудоемкость этого метода, он обеспечивает высокую эффективность и продолжительность пылезащиты. Наиболее эффективным, быстрым и дешевым способом защиты отвалов от пыления является гидропосев трав с помощью смеси, служащей одновременно и питательной средой для семян и защитной пленкой, препятствующей пылеобразованию. Смесь наносится при помощи поливочной машины, переоборудованной для гидропосева. При решении данной задачи гидропосев может дополняться мульчированием (так называемое гидромульчивание).

Срок действия противоэрозионных комплексов обычно составляет 3–6 мес. [67], но иногда может достигать 36 мес.

2.2.7.2 Очистка сточных вод

При добыче угля открытым способом образуются следующие виды сточных вод:

- карьерные (формируются непосредственно в процессе производственного процесса);
- хозяйственно-бытовые (формируются в административно-бытовых корпусах);
- ливневые и производственные (формируются на территории производственной площадки).

Способы очистки зависят от состава сточных вод и требований на сброс в водный объект или передачу на использование. Очищенная вода частично используется для технологических нужд предприятия (на обеспыливание), неиспользованная отводится в реки или иные водные объекты.

Схемы очистки карьерных вод

Для очистки карьерных вод, как правило, используется механическая очистка сточных вод на участках открытых горных работ (разрезы). Данная схема аналогична схеме, используемой для очистки шахтных вод (см. 2.1.8.2.3), за тем исключением, что на стадии предварительного отстаивания применяются не шахтные водосборники, а зумпфы. Также отличием является то, что при открытой добыче угля пруды-отстойники можно устраивать непосредственно в пространстве угольного разреза при наличии соответствующего разрешения.

В ряде случаев, когда ассимилирующая способность водных объектов исчерпывается предприятиями, расположенными выше и ниже по течению, а также если это позволяет экономика предприятий или имеются дополнительные меры государственной поддержки, то может быть реализована физико-химическая доочистка сточных вод (см. 2.1.8.2.3).

Тонкая очистка сточных вод, основанная на использовании ионообменных или мембранных технологий, крайне редко применяется на предприятиях по добыче угля открытым способом из-за жестких требований к качеству исходной воды, высокой стоимости применения кислот и щелочей для промывки и значительных объемов образования сточных вод.

Исполнение очистных сооружений может быть стационарным (в здании) или передвижным (в контейнерах). При производительности более 50–100 $м^3$/ч целесообразно возводить очистные сооружения в здании.

Схемы очистки хозяйственно-бытовых вод

Состав хозяйственно-бытовых сточных вод при добыче угля схож со сточными водами, принимаемыми в централизованные системы водоотведения населенных пунктов (ЦСВ). В этой связи, как правило, предусматривается выгребная яма с передачей хозяйственно-бытовых стоков в систему ЦСВ. В отдельных регионах, расположенных на значительном удалении от крупных населенных пунктов, целесообразно предусматривать строительство локальных очистных сооружений, включающих системы механической и биологической очистки (см. 2.1.8.2.3).

Схемы очистки ливневых и производственных вод

Как правило, ливневые сточные воды с территории промплощадки, производственные воды с базы автотранспорта, дизелевозного депо и складов горюче-смазочных материалов поступают в ЦСВ. Стоки на участках открытых горных работ после механической очистки от взвешенных веществ и удаления нефтепродуктов на локальных очистных сооружениях используются на технологические нужды (оборотная или бессточная схема водоснабжения) либо для полива зеленых насаждений или передаются в ЦСВ.

Схема очистки данного вида сточных вод состоит из следующих стадий:

- усреднение различных видов поступающих сточных вод (применяется усреднитель);
- механическая очистка (см. выше), совмещаемая с фильтрующими массивами и удалением нефтепродуктов (например, с помощью нефтеловушки или боновых фильтров);
- фильтрация (применяются засыпные фильтры);
- обеззараживание (осуществляется УФ-обработка);
- накопление очищенных вод в специальной емкости.

В отдельных случаях очистные сооружения дополнительно оборудуются установками типа:

- «ШЕМФ-20», «ШЕМФ-40», в которых отделяются нефтепродукты и взвешенные вещества, затем вода проходит через блок фильтров и обеззараживается бактерицидными установками;
- «Свирь-10У», в состав которой входит пескоотделитель, отстойники и фильтры из гранул пенополистирола.

2.2.7.3 Обращение с отходами производства [12)]

В процессе открытой добычи угля формируются значительные объемы отходов. Если отсортировать все виды отходов угольных разрезов по массе, то первые места с большим отрывом будут заняты вскрышными породами: на них приходится около 99,99 % всей массы отходов. При этом вскрышные породы являются наименее опасным видом отходов: они относятся к V классу опасности (практически неопасные отходы).

К остальным видам отходов, формирующихся на угольных разрезах, относятся: золошлаковая смесь, лом черных металлов, отработанные покрышки, твердые бытовые отходы, отработанные масла и т. д. Эти отходы являются более опасными. В частности, ртутные, ртутно-кварцевые и люминесцентные лампы относятся к I (наивысшему) классу опасности. Однако их утилизация практически во всех случаях не осуществляется угледобывающими предприятиями, они передаются для утилизации специализированным организациям. Кроме того, эти виды отходов не являются специфичными для угольной отрасли: они формируются и во многих других отраслях промышленности и экономической деятельности.

Следовательно, в контексте определения НДТ целесообразно рассматривать лишь специфичные отходы, представленные вскрышными породами.

Вскрышные породы с низким содержанием воды обычно размещаются в отвалах. Влажные породы перед размещением в отвалах могут подвергаться предварительному обезвоживанию. Отвалы в процессе эксплуатации требуют осуществления мер по защите от ветровой эрозии.

Вскрышные породы частично могут подвергаться утилизации иными способами. Породы с низким содержанием воды могут направляться на закладку пространств, выработанных в процессе добычи угля и на рекультивацию земельных участков. Закладка и рекультивация могут проводиться только после того, как на определенном участке разреза добычные работы были окончательно завершены.

При этом согласно приказу Минприроды России от 25.02.2010 № 50 горные породы, используемые для закладки выработанного пространства, засыпки провалов и рекультивации, в лимиты на размещение отходов не включаются (т. е. фактически не рассматриваются как отходы).

В европейском законодательстве действуют еще более либеральные условия: пустые породы относятся к инертным отходам (inert waste) — отходам производства, которые не подвергались существенной переработке и размещение которых не приведет к загрязнению окружающей среды и нанесению ущерба здоровью человека. Согласно Директиве 2006/21/ЕС к инертным отходам предъявляются смягченные требования по обращению этих отходов.

Также пустые породы могут направляться на производство строительных материалов. Строительные материалы из отходов производства могут быть использованы прямо на предприятии (например, для возведения дамб хвостохранилищ) либо могут быть направлены на продажу. Однако этот способ использования отходов характери-

[12)] Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом» и «Добыча открытым способом».

зуется двумя важными недостатками. Во-первых, объемы образования вскрышных пород крайне велики: в России на угольных разрезах за год формируется несколько сотен миллионов тонн в год. Это значительно превышает потребности внутреннего рынка в стройматериалах, которые можно произвести из пустых пород. Во-вторых, вскрышные породы являются низкокачественным строительным сырьем — в частности, они не характеризуются гомогенным составом. В связи с этим из этих пород можно произвести лишь достаточно низкокачественные стройматериалы, область применения которых достаточно ограничена.

Отходы добычи и обогащения угля содержат определенное количество гуминовых веществ, которые являются основой гуминовых препаратов и могут служить для производства гуминовых удобрений. Эти препараты и удобрения улучшают физические свойства почв и способствуют накоплению гумуса. Однако извлечение гуминовых веществ требует определенной химической переработки. В частности, для извлечения гуминовых кислот из бурого угля необходимо провести центрифугирование, осаждение, экстракцию и ряд промежуточных этапов [68]. При этом значительная часть угля остается в виде отходов. Кроме того, гуминовые удобрения и препараты не являются незаменимыми: они вполне заменимы определенными видами минеральных и органических веществ.

В рабочей версии актуализируемого европейского сборника НДТ Management of Waste from the Extractive Industries упоминается такой вариант размещения отходов горнодобывающих производств, как подводное захоронение хвостов обогащения (subaqueous tailings disposal) [69]. Данные технологии не рассматриваются в настоящем сборнике по двум причинам. Во-первых, в России подобные технологии запрещены законодательством [70]. Во-вторых, их потенциальное применение ограничено географией российской угледобычи: практически все предприятия этой отрасли размещены вдали от океанского побережья, а озера и реки характеризуются ограниченной емкостью.

2.2.7.3.1 Предварительная обработка размещаемых пород

Предварительная сортировка отходов производства позволяет отделить потенциально полезную продукцию от отходов, подлежащих окончательному захоронению (например, закладке). Это также позволяет сократить объем окончательно захораниваемых отходов. Кроме того, отделение инертных отходов от опасных (например, размещение которых может привести к формированию кислотных стоков) позволяет сократить объем работ, связанных с утилизацией опасных отходов.

Обезвоживание может применяться для подготовки пастообразной смеси, размещаемой в выработанных пространствах.

Физико-химические меры могут применяться для снижения опасности определенных видов отходов. Например, десульфуризация позволяет снизить опасность формирования кислотных стоков [69].

2.2.7.3.2 Отвалообразование

Отвалообразование — это технологический процесс размещения вскрышных пород, удаляемых при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. Удаляемые пустые породы размещаются на отвалах — специально отведенных

площадках. Совокупность отвалов и сопутствующих технических устройств, средств механизации представляет собой отвальное хозяйство.

Отвалы могут быть сформированы как на ровной площадке, так и на склонах, а также в искусственных или естественных (оврагах) выемках. По месту расположения отвалы подразделяются на внутренние (располагаются в выработанном пространстве разреза), внешние (располагаются за пределами контура карьера (горного отвода)) и комбинированные.

Внутренние отвалы можно создавать только на месторождениях с углом падения пластов менее 12°. Для формирования подобных отвалов применяют драглайны с вместимостью ковша 25–80 м^3 и длиной стрелы до 100 м, а также механические лопаты с вместимостью ковша 35 м^3 и длиной стрелы до 65 м.

Внешние отвалы организуются на наклонных и крутонаклонных месторождениях. Для складирования пород на них используются механические лопаты, драглайны, отвальные плуги, абзетцеры и бульдозеры.

Для осуществления отвальных работ могут применяться различные средства механизации: одноковшовые экскаваторы, отвальные плуги, скипы, скреперы, абзетцеры, бульдозеры, консольные отвалообразователи, транспортно-отвальные мосты.

Отвалообразование с помощью плуга состоит в сбрасывании вниз с отвального откоса породы, разгруженной из думпкаров, с последующей планировкой поверхности отвала. Данный вид отвальных работ отличается использованием простого оборудования невысокой стоимости. Однако он позволяет создавать лишь невысокие отвалы небольшой емкости, что требует регулярной передвижки рельсовых путей. Кроме того, он пригоден только для складирования скальных и полускальных пород.

Отвалообразование с помощью одноковшового экскаватора обычно заключается в формировании уступа высотой 10–40 м, разделенного на два подуступа. Экскаватор размещается на кровле верхнего подуступа, на которой расположен железнодорожный (или автомобильный) путь. Порода разгружается из думпкаров в приемную яму (вместимостью 200–300 м^3). Экскаватор переваливает породу из ямы вперед по ходу, в сторону под откос и назад, создавая при этом заходку. Подобный метод отвалообразования обеспечивает высокую приемную способность отвального тупика и требует достаточно ограниченного масштаба путевых работ. С другой стороны, он требует закупки относительно дорогостоящего оборудования (экскаваторов) и обеспечивает небольшой фронт разгрузки вагонов.

Формирование внутренних отвалов с помощью экскаваторов называется бестранспортной системой разработки.

При транспортировке породы автомобильным транспортом отвалообразование обычно осуществляется бульдозерами. В благоприятных условиях (при формировании отвалов в выемках) могут использоваться драглайны. При использовании данного метода самосвалы разгружаются в 3–5 м от бровки отвальной площадки (оптимальная длина которой составляет 45–50 м), а бульдозеры перемещают породу к самой бровке. Также бульдозеры осуществляют профилирование автодорог. Высота бульдозерного отвала составляет от 10–15 м для глин и суглинков до 25–30 м для скальных пород. Бульдозерное отвалообразование отличается низкой капиталоемкостью.

Для формирования отвалов может применяться оборудование непрерывного действия: абзетцеры, консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты.

Абзетцер представляет собой специализированный для образования отвалов многоковшовый экскаватор. Отвалообразование с помощью абзетцера включает разгрузку думпкаров в приемную траншею, копание породы из траншеи и перемещение ее в отвал, планировку отвала и передвижку транспортных путей.

При транспортировке породы конвейерным транспортом отвалообразование может осуществляться консольными отвалообразователями. Подобные механизмы представляют собой транспортерную ленту, пригодную для установки на различных шасси.

Транспортно-отвальный мост представляет собой массивный механизм, способный напрямую перемещать породу от экскаваторов в отвалы по кратчайшему пути. Мост состоит из забойной и отвальной металлических ферм с ленточным конвейером. Длина моста может достигать 500 м.

Во избежание размыва и формирования кислотных стоков отвалы должны быть снабжены системами водоотвода. Собранная вода может быть направлена либо в хвостохранилища, либо на иные технические нужды предприятия либо может быть сброшена в водоемы (возможно, после определенной очистки) [69].

В настоящее время в России действует приказ Ростехнадзора от 23.12.2011 № 738 «Об утверждении инструкции по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов». Согласно данной инструкции предупреждение самовозгорания должно обеспечиваться следующим образом:

- формирование отвалов без выступов в угловых частях, придание отвалам округлой формы (создание плавного перехода между сторонами отвала, между откосами и горизонтальными частями);

- выполаживание откосов породных отвалов (угол откоса не должен превышать 20°–25°);

- формирование отвалов слоями, причем толщина слоя отходов не должна превышать 1,0 м на отвале шахты (разреза), 0,75 м на отвале, общем для шахты (разреза) и обогатительной фабрики, 0,5 м на отвале обогатительной фабрики. При отсутствии технологической возможности формирования плоского отвала пожаробезопасными слоями его формируют слоями увеличенной мощности. Мощность одного такого слоя не должна превышать 10 м;

- уплотнение отвальной массы специальными или транспортными средствами;

- снижение воздухопроницаемости слоя отходов путем заиливания или перекрытия негорючими (изолирующими) материалами. В зоне интенсивного самонагревания слои отвальной массы должны изолироваться слоями инертных материалов или смеси инертных материалов с отвальной массой толщиной не менее 0,5 м;

- формирование противопожарных барьеров — отрезных траншей до почвы отвала шириной не менее 5 м и заполнение их изолирующими материалами;

- первый ярус отвала формируется от границы отвала к центру. Высота первого яруса отвала не должна превышать 10,0 м. Внешний откос отвала и бермы на 5–8 м должны быть уплотнены и перекрыты изолирующими материалами слоем толщиной не менее 0,3 м. Изоляция откосов и берм производится глиной, суглинком, песком, инертной пылью, охлажденной золой котельных установок и т. д.;

- верхняя отметка отвала, размещенного в балках, оврагах и отработанных карьерах, должна быть на 0,5–1,0 м ниже земной поверхности окружающего рельефа. Поверхность отвала планируют, уплотняют и перекрывают изолирующими материалами слоем мощностью не менее 1,0 м.

2.2.7.3.3 Закладка выработанного пространства и рекультивация земельных участков

Вскрышные породы (как и вмещающие, пустые породы и сухие продукты обогащения) могут быть размещены в выработанных пространствах угледобывающих предприятий, на участках, где прекращена добыча угля. Кроме того, в этих же пространствах в некоторых случаях размещаются отходы прочих производств (например, металлургических заводов) или горные породы с низким содержанием полезного компонента [64]. Кроме того, вскрышные породы (как и их аналоги) могут использоваться для рекультивации земельных участков.

Закладка выработанного пространства производится в целях:

- облегчения рекультивации (по сравнению с возведением отвалов);
- снижения риска разрушения отвала.

Существует пять типов закладки выработанного пространства:

- сухая (dry backfill);
- твердеющая (cemented backfill);
- гидравлическая (hydraulic backfill);
- пастообразная (paste backfill);
- пневматическая (pneumatic backfill).

Сухая закладка предполагает размещение неотсортированных вскрышных пород, продуктов обогащения и прочей продукции с естественной влажностью. Обычно она осуществляется автомобильным или конвейерным транспортом.

Твердеющая закладка обычно состоит из отсортированных или неотсортированных вскрышных пород (или продуктов обогащения), смешанных с цементом или угольной золой. Подобное смешивание обеспечивает повышение сцементированности закладываемой массы. Данный способ закладки может предполагать как предварительное смешивание исходных продуктов в специальных бункерах, так и заливку размещенной породы цементирующим веществом.

Гидравлическая закладка требовательна к структуре используемых материалов. Она может состоять или из частично обезвоженной пульпы (с долей твердого вещества 65 % — 70 %), или из естественных песчаных пород. Обезвоженная пульпа должна пройти через гидроциклоны, где осаждается мелкодисперсная фракция, непригодная для закладки по причине низкой дренирующей способности. Песчаные породы должны пройти сортировку для удаления негабаритных частиц, которые могут нарушить структуру закладки, сформировать в ней полости. Подготовленная смесь подается с помощью насосов и труб в выработанное пространство. Гидравлическая закладка может подвергаться последующему цементированию.

Пастообразная закладка состоит из мелкодисперсного материала с содержанием твердых частиц более 70 %. Частицы с диаметром менее 20 мкм должны составлять не менее 15 % массы закладываемого материала. Плунжерные насосы, пригодные для перекачки бетонной смеси, способны транспортировать пастообразную смесь для закладки.

Пневматическая закладка применяется в случаях, например, когда применение гидравлической закладки может привести к развитию водной эрозии.

2.3 Обогащение угля

Важным показателем, определяющим приоритетную схему обогащения угля, является его обогатимость, которая характеризует способность добытого угля к разделению на продукты различного качества. Показатель обогатимости рассчитывают как отношение выхода фракций промежуточного продукта (промпродукта) к выходу беспородной массы (концентрата) по результату процесса обогащения. К промпродукту относят фракции плотностью от 1400–1500 до 1800 кг/м^3 для каменного угля и 1800–2000 кг/м^3 для антрацитов. В зависимости от значения показателя обогатимости каменные угли и антрациты относят к четырем категориям: от легкой (показатель обогатимости <5 %) до очень трудной (показатель обогатимости >15 %) [71].

В зависимости от обогатимости угля, добытого на определенном месторождении, применяют различные методы обогащения (см. таблицу 14).

Гравитационное обогащение сухим способом применяется в редких случаях, поскольку он пригоден лишь при обогащении легкообогатимого угля с крупностью кусков не более 80 мм, при этом образуются большие объемы пыли, которую необходимо улавливать. Применение сухого обогащения целесообразно лишь по отношению к углю с содержанием внешней влаги 3 % — 5 %, иначе потребуется подсушка. Даже в таких условиях при сухом обогащении наблюдается низкая эффективность по сравнению с мокрым процессом.

Мокрое гравитационное обогащение является наиболее универсальным и широко распространенным способом. Отсадка применяется премущественно для легкообогатимого угля, а обогащение в тяжелых средах — для труднообогатимого.

Флотация применяется исключительно для обогащения угольных шламов (например, подрешеточного продукта) — мелкодисперсных частиц с крупностью обычно менее 0,5 мм. Электрическая сепарация и прочие методы применяются крайне редко.

Таблица 14 — Основные способы обогащения угля и их применимость

Способ обогащения	Применимость способа
Гравитационное обогащение сухим способом	Легкообогатимый уголь с малой крупностью кусков (до 80 мм) и 3 % — 5 % внешней влаги
Гравитационное обогащение мокрым способом	Все виды угля
Отсадка	Легкообогатимый уголь
Обогащение в тяжелых средах	Труднообогатимый уголь
Флотация	Угольный шлам (<0,5 мм)

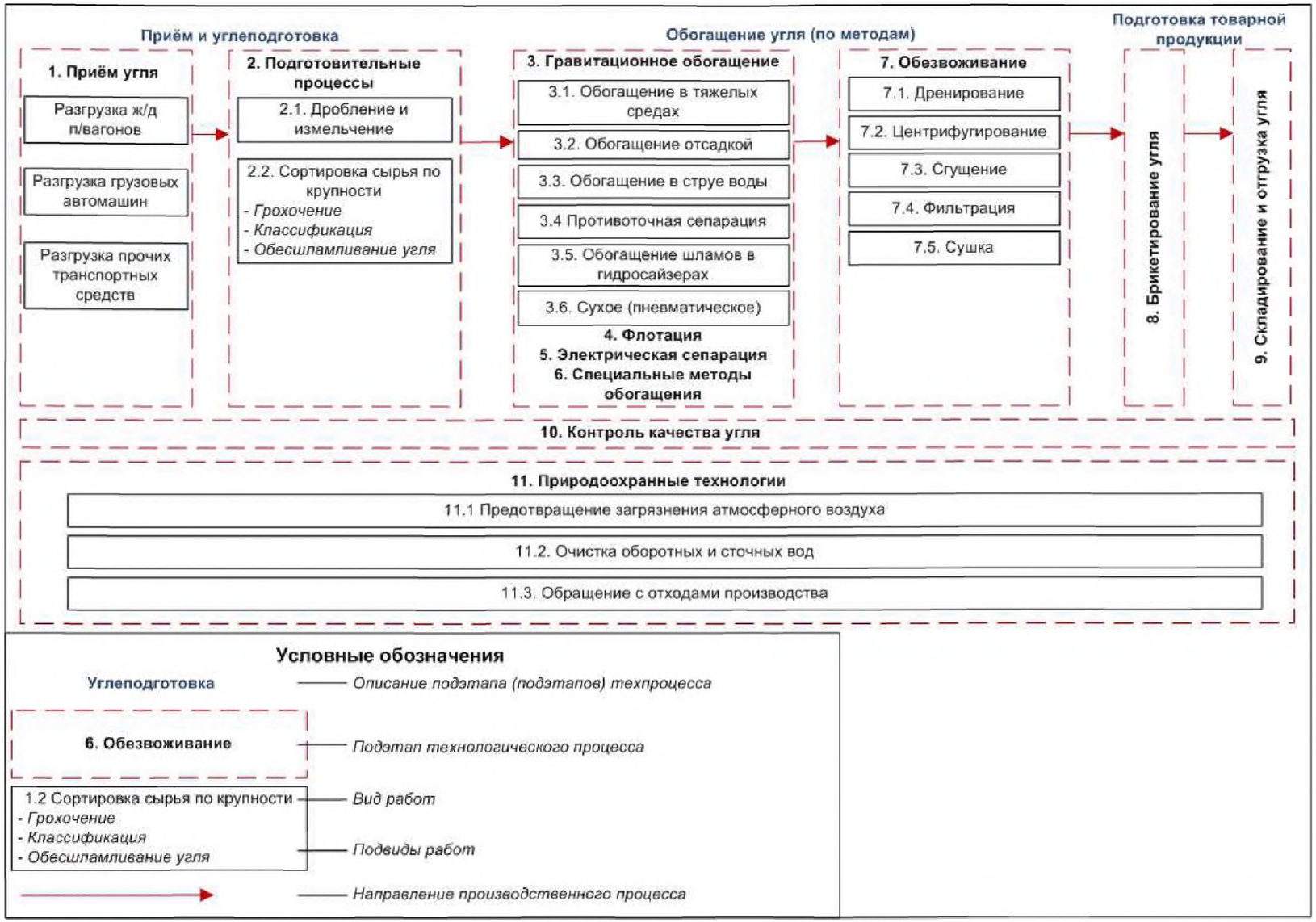

Рисунок 6 — Общая схема технологического процесса обогащения угля

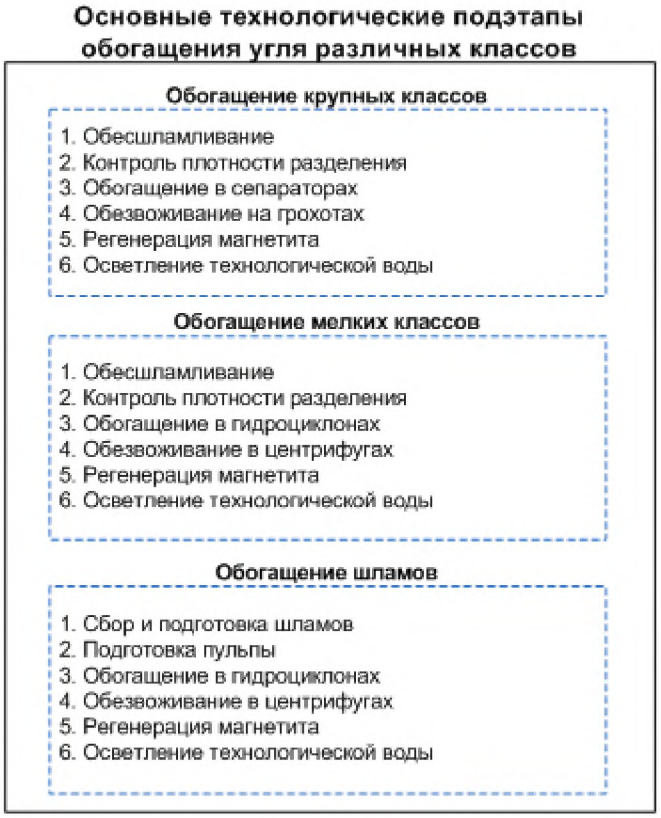

Рисунок 7 — Основные технологические подэтапы обогащения угля различных классов крупности

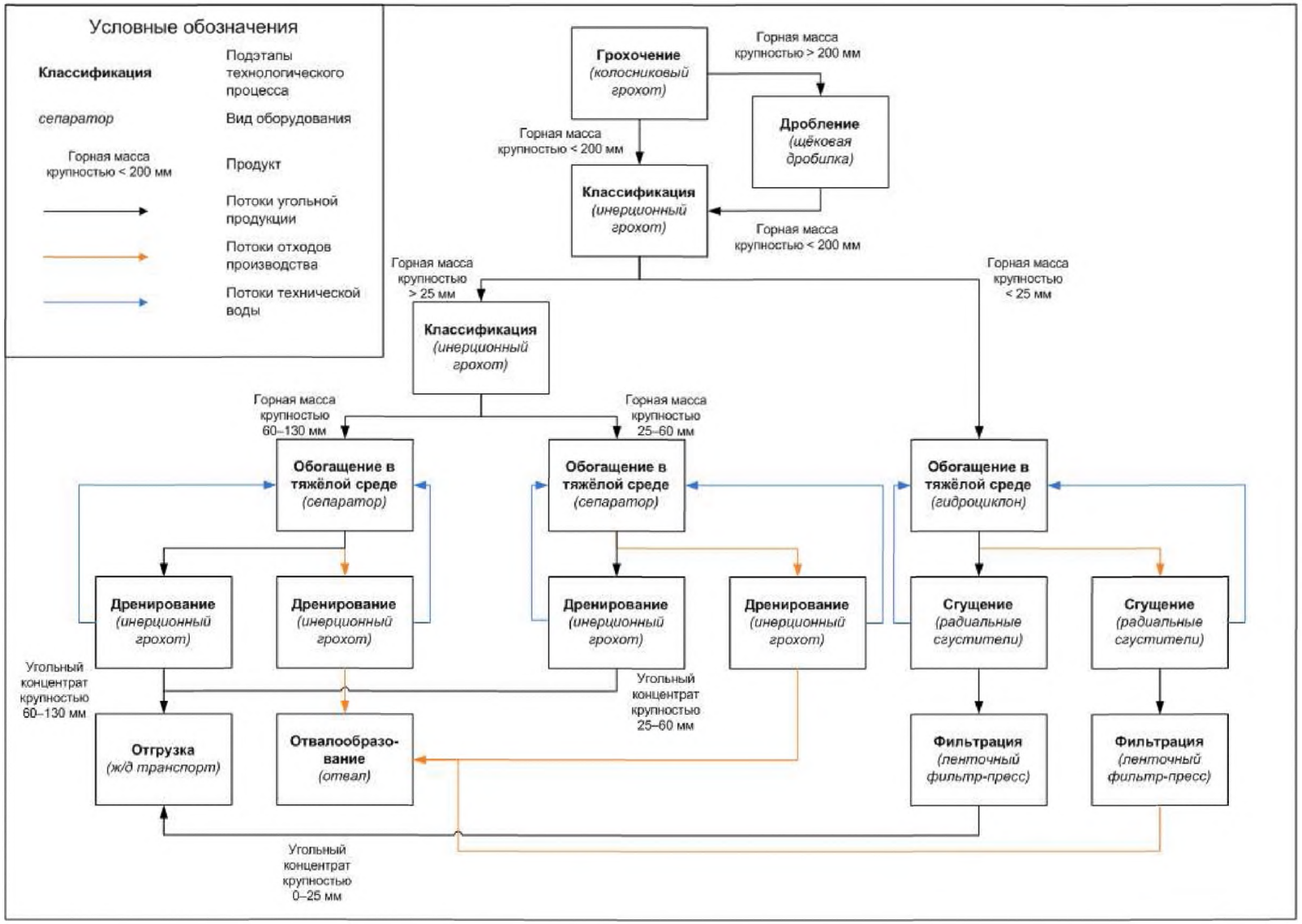

Рисунок 8 — Типовая схема потоков угля, отходов производства и технической воды по подэтапам технологического процесса (на примере Тугнуйской обогатительной фабрики)

Таблица 15 — Основные этапы обогащения угля

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	Горная масса, моторное топливо, электроэнергия	Прием угля	Горная масса	Устройства для передвижки вагонов, вагоноопрокидыватели, рыхлители, железоотделители, погрузчики	Пыль неорганическая. Выбросы от ДВС (углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, азота оксид и т. д.)
2	Горная масса, электроэнергия	Подготовительные процессы	Классифицированный уголь	Питатели, дробилки, классификаторы, грохоты, дуговые сита	Пыль неорганическая
2.1	Рядовой уголь, электроэнергия	Дробление	Горная масса (раздробленная или измельченная)	Дробилки, железоотделители	Пыль неорганическая
2.2	Рядовой уголь, электроэнергия	Сортировка сырья по крупности	Классифицированный уголь, шлам	Классификаторы, грохоты	Пыль неорганическая
2.2.1	Рядовой уголь, электроэнергия	Грохочение [13)]	Классифицированный уголь, шлам	Грохоты	Пыль неорганическая
2.2.2	Рядовой уголь, электроэнергия	Классификация	Классифицированный уголь, шлам	Классификаторы, грохоты	Пыль неорганическая
2.2.3	Классифицированный уголь, электроэнергия	Обесшламливание угля	Классифицированный уголь, шлам	Дуговые сита, грохоты	Пыль неорганическая

[13)] Грохочение также применяется на последующих этапах технологического процесса для обезвоживания и подготовки угольного концентрата к отгрузке.

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
3	Классифицированный уголь, электроэнергия, вода [14)], вспомогательные продукты (магнетит)	Гравитационное обогащение	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт), вспомогательные продукты (магнетит)	Сепараторы, отсадочные машины, концентрационные столы, шлюзы, желоба, насосы, гидроциклоны	Пыль неорганическая. Водяной пар. Сточные воды. Отходы обогащения
3.1	Классифицированный уголь, электроэнергия, суспензия (магнетит, вода, воздух)	Обогащение в тяжелых средах	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт), вспомогательные продукты (магнетит)	Тяжелосредные сепараторы, тяжелосредные гидроциклоны насосы	Сточные воды. Отходы обогащения
3.2	Классифицированный уголь, электроэнергия, вода, воздух	Обогащение отсадкой (не применяется для шламов)	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт)	Отсадочные машины, насосы	Сточные воды. Отходы обогащения

[14)] Здесь и далее, если не уточняется, имеется в виду смесь оборотной воды и добавочной (свежей) воды по ГОСТ 17321—2015 «Уголь. Обогащение. Термины и определения» [25].

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
3.3	Классифицированный уголь, электроэнергия, вода	Обогащение в наклонно текущем потоке	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт)	Концентрационные столы, шлюзы, желоба, винтовые сепараторы, насосы, сепараторы противоточные	Сточные воды. Отходы обогащения
3.4	Сухой классифицированный уголь, электроэнергия	Сухое обогащение	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Сепараторы, отсадочные машины	Пыль неорганическая. Отходы обогащения
4	Шлам, электроэнергия, вода, воздух, реагенты (в том числе флокулянты)	Флотация (только для шламов)	Угольный концентрат (пульпа), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт)	Флотационные машины, насосы, станция приготовления флокулянтов	Сточные воды (включая флокулянты и прочие реагенты). Отходы обогащения
5	Шлам, электроэнергия	Электрическая сепарация (только для шламов)	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Электростатические, коронные, диэлектрические, трибоадгезионные, комбинированные сепараторы	Пыль. Сточные воды. Отходы обогащения
6	Классифицированный уголь, шлам, электроэнергия, масляные реагенты	Специальные методы обогащения	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Амальгаматоры, сита, магнитные и термомагнитные сепараторы, аэросуспензионные сепараторы, рентгенометрические сепараторы, сепараторы обогащения по форме, трению и объемной прочности и т. д.	Пыль неорганическая. Сточные воды. Отходы обогащения

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
7	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт), электроэнергия	Обезвоживание, сгущение, сушка	Обезвоженный угольный концентрат	Бункеры, грохоты, элеваторы, центрифуги, фильтры, сушильные аппараты, насосы	Пыль неорганическая. Сточные воды
7.1	Угольный концентрат (влажный продукт), порода (влажный продукт), электроэнергия	Дренирование	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Грохоты, элеваторы	Сточные воды
7.2	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), электроэнергия	Центрифугирование	Угольный концентрат, промпродукт	Центрифуги	Сточные воды
7.3	Угольный концентрат (пульпа), электроэнергия	Сгущение	Угольный концентрат	Отстойники	Сточные воды
7.4	Угольный концентрат, промпродукт, сгущенная пульпа, электроэнергия	Фильтрация	Угольный концентрат, промпродукт, сгущенная пульпа	Фильтр-прессы, вакуум-фильтры, гипербарфильтры	Сточные воды
7.5	Угольный концентрат, промпродукт, шлам, электроэнергия	Сушка	Угольный концентрат, промпродукт, шлам	Барабанные сушилки, трубы-сушилки, прочие сушилки	Пыль неорганическая. Сточные воды

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
8	Угольный концентрат, промпродукт, шлам, продукты сгущения, электроэнергия, тепло, пар, связующие вещества	Брикетирование	Угольные брикеты, промпродукт, шлам, продукты сгущения	Прессы (ударные, валковые, вальцовые, шнековые), экструдеры, гомонезаторы, конвейеры, дозаторы, мешалки, сушильный аппарат, бункеры, грохоты, питатели, насосы	Пыль неорганическая. Сточные воды
9	Угольный концентрат, промпродукт, моторное топливо, электроэнергия	Складирование и отгрузка угля	Товарный уголь (отсортированный по классам крупности и иным параметрам)	Штабелеукладчики, дробилки, погрузчики, грохоты, экструдеры, конвейеры, толкатели, питатели, весы	Пыль неорганическая. Выбросы от ДВС (углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, азота оксид и т. д.). Сточные воды
10	Пыль, оборотные и сточные воды, хвосты обогащения, электроэнергия, вода	Природоохранные технологии	Воздух с пониженной концентрацией пыли, осветленная оборотная вода, шлам, очищенные сточные воды, хвосты обогащения в гидроотвалах и отвалах	Пылеулавливающие установки, водно-шламовое хозяйство, отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки, отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры	Пыль неорганическая. Сточные воды
10.1	Пыль, электроэнергия	Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха	Воздух с пониженной концентрацией пыли	Пылеулавливающие установки	Пыль неорганическая. Сточные воды

Окончание таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
10.2.1	Оборотные воды, электроэнергия	Осветление оборотных вод	Осветленная оборотная вода, шлам	Водно-шламовое хозяйство	—
10.2.2	Сточные воды, электроэнергия	Очистка сточных вод	Очищенные сточные воды	Отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки	Сточные воды
10.3	Хвосты обогащения, электроэнергия, вода	Обращение с отходами производства	Хвосты обогащения в гидроотвалах и отвалах	Отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры	Пыль неорганическая. Сточные воды

Таблица 16 — Основное оборудование, используемое при обогащении угля

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [15)]
Устройства для передвижения вагонов (локомотив, толкатель, устройство маневровое)	Маневровые операции при разгрузке и погрузке железнодорожных полувагонов	Максимальное тяговое усилие (мощность дизельных двигателей) — около 2 тыс. л. с.
Вагоноопрокидыватель	Разгрузка железнодорожных полувагонов	Максимальный вес груженых вагонов — 170 т (по данным тех. литературы). Производительность — 900–1760 т/ч (по данным тех. литературы) [72]
Рыхлитель	Рыхление слежавшихся или смерзшихся грузов	Производительность — 60–240 т/ч (по данным тех. литературы)

[15)] По данным анкет (по умолчанию).

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [15)]
Железоотделитель	Удаление ферромагнитных предметов из разгруженного угля	Глубина зоны извлечения — до 700 мм (по данным тех. литературы). Масса извлекаемых предметов — до 40 кг (по данным тех. литературы)
Барабанный магнитный (электромагнитный) сепаратор	Регенерация суспензии	Производительность сепаратора для регенерации суспензии по исходному материалу — 270–400 $м^3$/ч
Грохот (сортировочная установка)	Подготовительная классификация углей (подготовительное грохочение). Отмывка от магнетитовой суспензии и обезвоживание крупного концентрата, промпродукта, породы. Обесшламливание и разделение товарных классов углей	Производительность — 128–2300 т/ч (по данным анкет), до 1500 т/ч (по данным тех. литературы). Размер загружаемого материала — до 750 мм (по данным тех. литературы). Размеры рабочей поверхности — до 22 $м^2$ (по данным анкет). Эффективность — 70 % — 98 % (по данным тех. литературы)
Барабанный грохот-дробилка	Отделение негабаритов и крупных посторонних предметов (предварительное грохочение)	—
Установка дробильно-сортировочная	Дробление и сортировка углей по крупности	Производительность — 10–1000 т/ч (по данным тех. литературы). Мощность — 15–2600 кВт (по данным тех. литературы)
Классификатор	Классификация углей (сортировка по крупности)	Крупность поступающего угля — до 3 мм (по данным тех. литературы)
Дробилка	Дробление угля. Получение товарных классов углей	Крупность поступающих кусков угля — 20–1000 мм (по данным анкет). Производительность — 5–155 $м^3$/ч (по данным тех. литературы), до 500 т/ч (по данным анкет)

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [15)]
Перегружатель	Перегрузка угля из бункеров на конвейеры	—
Питатель	Равномерная подача горной массы из бункера в основное оборудование.	Производительность — до 1170 м^3/ч (по данным тех. литературы), 265–960 м^3/ч (по данным анкет). Крупность загружаемого материала — до 500 мм (по данным тех. литературы). Ширина полотна — до 1800 мм (по данным анкет)
Конвейер	Перемещение рядовых углей в корпус обогащения. Перемещение товарных классов углей и отходов	Производительность — до 4500 м^3/ч Ширина ленты — до 2000 мм
Сепаратор тяжелосредный	Обогащение	Производительность — до 500 т/ч (по данным анкет)
Гидроциклон	Обогащение угля. Классификация угольного шлама. Сгущение отходов магнитной сепарации	Крупность поступающих кусков угля — до 25 мм (по данным анкет). Диаметр — 150–1000 мм (по данным анкет). Производительность — до 990 м^3/ч/м^2 по исходному продукту (по данным тех. литературы)
Отсадочная машина	Обогащение	Производительность — до 500–650 т/ч для легкообогатимого угля (по данным тех. литературы), 210–650 т/ч (по данным анкет)
Концентрационный стол, шлюз, желоб, винтовой сепаратор	Обогащение	—
Сепаратор противоточный	Обогащение	—
Установка сухого обогащения	Обогащение	Производительность — до 480 т/ч (по данным тех. литературы)

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [15)]
Флотомашина	Обогащение угольного шлама	Крупность исходного шлама — 0,1–1 мм (по данным тех. литературы). Производительность — до 1000 $м^3$/ч по пульпе (по данным тех. литературы); 25–56 т/ч по сухому веществу (по данным анкет)
Вакуум-фильтр, гипербарфильтр	Обезвоживание флотоконцентрата	Производительность — до 850 т/ч (по данным тех. литературы)
Труба-сушилка, барабанная сушилка	Термическая сушка флотоконцентрата	Производительность — до 400 т/ч исходного продукта (по данным тех. литературы); 60–110 т/ч (по данным анкет)
Спиральный сепаратор	Обогащение угольного шлама	Крупность исходного шлама — 0,1–3 мм (по данным тех. литературы). Производительность — до 210 $м^3$/ч по пульпе (по данным тех. литературы)
Гидросайзер (гидроклассификатор)	Классификация угольного шлама	Крупность исходного шлама — до 2,5 мм (по данным тех. литературы) [72]
Дуговое сито	Обесшламливание. Отмывка и обезвоживание мелкой породы	Производительность по пульпе — до 300 $м^3$/ч/$м^2$ (по данным тех. литературы)
Насос	Перекачка воды, угольных и магнетитовых суспензий	Производительность — до 8000 $м^3$/ч (по данным тех. литературы), до 925 $м^3$/ч (по данным анкет)
Элеватор обезвоживающий	Обезвоживание угля	Мощность — 15–55 кВт (по данным тех. литературы), 18,5–30 кВт (по данным анкет). Производительность — 38,5–324 т/ч (по данным тех. литературы), до 324 т/ч (по данным анкет)

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [15)]
Сгуститель (радиальный, пластинчатый)	Осветление шламовых вод. Сгущение шлама	Производительность — до 2,0 $м^3/ч/м^2$ по исходному продукту (по данным тех. литературы). Производительность — до 1200 $м^3/ч$ (по данным анкет). Диаметр — до 100 м (по данным тех. литературы). Производительность пластинчатого сгустителя — на единицу занимаемой площади в 5–10 раз больше по сравнению с радиальным сгустителем
Центрифуга	Обезвоживание мелкого концентрата	Производительность — до 400 т/ч по исходному продукту (по данным тех. литературы), 35–360 т/ч (по данным анкет). Крупность материала — 0,8–12,0 мм (по данным анкет)
Фильтры (фильтр-прессы, гипербар-фильтры)	Обезвоживание угольного шлама	Производительность — 18–50 т/ч (по данным анкет), до 850 т/ч (по данным тех. литературы)
Установка брикетирования угля	Брикетирование	Производительность — до 50 т/ч по сухим брикетам (по данным тех. литературы)
Погрузчик	Транспортировка разгруженного угля. Складирование угля	Объем ковша — 6–14 $м^3$ (по данным тех. литературы)
Экскаватор	Складирование и погрузка угля	Емкость ковша — до 40 $м^3$ (по данным тех. литературы)
Штабелеукладчик	Укладка угля в штабели	—
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования	—
Контрольно-измерительное оборудование	Учет массы транспортируемого угля. Контроль расхода ресурсов	—

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики [15)]
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - лифт; - таль; - тельфер	Подъемно-транспортные и монтажные работы	—
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей и продуктов обогащения	Максимальная крупность кусков угля — 300 мм (по данным тех. литературы)
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей и продуктов обогащения	—
Калориферы	Подогрев воздуха, поступающего в шахту или помещения	—

Таблица 17 — Природоохранное оборудование

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики (по данным тех. литературы)
Пылеуловитель	Улавливание пыли технологических газов и воздуха на сушильных установках, в системах промышленной вентиляции и аспирации УОФ	Производительность: - ПБЦ (12–175 тыс. $м^3$/ч); - ПБЦГ (15–180 тыс. $м^3$/ч). Эффективность пылеулавливания — до 99,9 %
Аппарат мокрой газоочистки	Окончательная очистка запыленных газов мокрым способом в системах аспирации и промышленной вентиляции УОФ	Производительность — 12–175 тыс. $м^3$/ч. Эффективность — до 97 %
Зумпф	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)	—

Окончание таблицы 17

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики (по данным тех. литературы)
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель со взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)	Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам — от 50 % до >99 % (по данным анкет)
Нефтеловушка и аналогичные устройства (боновое заграждение, боновый фильтр)	Очистка сточных вод от нефтепродуктов	—
Флотационная машина	Очистка сточных вод от взвешенных веществ (крупных и мелкодисперсных), нефтепродуктов, железа, масел и ПАВ	Эффективность флотации — до 95 % — 98 %
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)	—
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод	Степень очистки воды после по органическим загрязнениям составляет около 90 %
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа	—
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод	Уровень инактивации — до 99,9 %
Засыпной сорбционный фильтр	Доочистка сточных вод	—
Установка аэрации воды (аэратор)	Очистка сточных вод от железа	—
Установка флотации, фильтрации и обеззараживания	Комплексная очистка сточных вод	Производительность — 30 $м^3$/ч и более

2.3.1 Прием угля

В зависимости от места расположения и типа углеобогатительной фабрики (центральная, групповая, индивидуальная) рядовой уголь доставляется различными видами транспорта — ленточными конвейерами, автотранспортом, скипами и железнодорожными вагонами. Наиболее распространенным является железнодорожный транспорт.

Для разгрузки железнодорожного транспорта применяются устройства для передвижения вагонов и вагоноопрокидыватели. При отсутствии вагоноопрокидывателей используют ручную разгрузку с помощью вибраторов. При необходимости применяются рыхлители и дробильно-фрезерные машины.

Устройства для передвижения вагонов (УПВ) предназначены для периодического передвижения в обоих направлениях железнодорожных составов на разгрузочных пунктах обогатительных фабрик. УПВ включают: отводки путевого выключателя, толкатель, разводку кабелей. Металлоконструкция толкателя портального типа охватывает состав сверху и с боков.

Толкатель установлен на свой рельсовый путь и имеет возможность передвигаться вдоль состава. На верхней площадке толкателя смонтированы два привода: для перемещения толкателя и для подъема балки, соединяющей толкатель со сцепными устройствами вагонов (автосцепками). Работа толкателя происходит следующим образом: состав выставляется под разгрузку (загрузку); толкатель с поднятой балкой подводится к четвертому — шестому полувагону, опускается балка, происходит соединение толкателя и состава; толкатель вместе с составом продвигается в сторону загрузки (разгрузки). Затем процесс повторяется.

Устройство УПВ-25 предназначено для передвижения железнодорожных составов, сформированных из полувагонов общей массой до 2000 т (состав до 20–24 полувагонов в зависимости от состояния пути). Привод передвижения имеет плавное регулирование скорости. Управление устройством — дистанционное с пульта управления.

Для передвижения железнодорожных вагонов на разгрузочных пунктах также применяются маневровые устройства (например, МУ-12-М2А), оснащенные лебедками.

Вагоноопрокидыватели осуществляют непосредственную разгрузку вагонов. Они представлены двумя типами: роторными и боковыми. Производительность вагоноопрокидывателей достигает 1760 т/ч, обслуживаемые вагоны могут иметь массу до 134 т.

Рыхлители предназначены для восстановления сыпучести смерзшегося или слежавшегося угля при выгрузке его из железнодорожных полувагонов. Рыхлители могут осуществлять действие вибрацией, бурением, фрезерованием. Для установки и перестановки рыхлителей на полувагоне необходимы краны, обеспечивающие грузоподъемность не менее 7–10 т. Исполнительный орган рыхлителя выполнен из высокопрочной морозостойкой стали, а электродвигатель — в виброзащитном исполнении.

В разгруженном угле могут встречаться посторонние предметы: дерево, электродетонаторы, металл и т. д. Для предотвращения поломок оборудования эти предметы из угольного потока необходимо удалить.

Дерево и большие куски видимой породы выбираются с помощью барабанного грохота или породовыборщиками вручную. Ферромагнитные предметы удаляются из угля при помощи железоотделителей и металлодетекторов. Глубина зоны извлечения

железоотделителями составляет до 700 мм, масса извлекаемых предметов — до 40 кг [72].

Автосамосвалы разгружаются самостоятельно. Для перемещения разгруженного ими угля применяются, как правило, погрузчики и бульдозеры.

Внутри обогатительной фабрики продукция (концентрат, полупродукт, шлам, отходы обогащения) транспортируются с помощью конвейеров. Учет массы транспортируемой продукции и расхода ресурсов осуществляется с применением контрольно-измерительного оборудования (весов, расходомеров и т. д.). Монтаж оборудования осуществляется с помощью грузоподъемного оборудования (главным образом, кранов). Подогрев воздуха в помещениях осуществляется с применением калориферов.

Для контроля качества отгружаемой продукции из партий концентрата осуществляется отбор проб с помощью пробоотборников.

2.3.2 Подготовительные процессы

2.3.2.1 Дробление

Дробление — процесс разрушения угля под действием внешних сил до требуемой крупности и гранулометрического состава. Принято считать дроблением процесс, в результате которого получаются продукты крупностью более 5 мм. Дробление осуществляется в дробилках [35].

В зависимости от крупности дробимого материала и дробленого продукта стадии дробления имеют особые названия: первая стадия — крупное дробление (до 200–300 мм); вторая стадия — среднее дробление (до 25–100 мм); третья стадия — мелкое дробление (до 3–10 мм).

Способы дробления, на которых основана работа дробилок:

- раздавливание — для крупного и среднего дробления твердого угля и пород;
- раскалывание — в большинстве случаев для крупного дробления хрупких углей;
- удар — для меткого дробления угля и промежуточного продукта [33].

Основными типами применяемых дробящих аппаратов являются:

- щековые;
- валковые;
- молотковые (роторные).

Щековые дробилки

Щековые дробилки применяют для дробления горной массы, содержащей крупнокусковую породу средней и большой прочности. Дробящими органами являются неподвижная щека (плита), закрепленная в корпусе, и подвижная щека, совершающая качание вокруг оси. Существуют щековые дробилки с простым (по дугам окружностей) и сложным (по замкнутым кривым) движением подвижной щеки.

Валковые дробилки

Валковые дробилки используют принцип раздавливания и раскалывания материала, находящегося в рабочем пространстве между движущимися гладкими, рифленными или зубчатыми цилиндрическими поверхностями.

В зависимости от конструктивных особенностей и назначения применяют валковые дробилки следующих типов:

- одновалковые — для дробления агломерата и угля;
- двухвалковые — для дробления горных пород и руд;
- двухвалковые с зубчатыми валками — для дробления угля и мягких пород;
- четырехвалковые с гладкими валками для дробления кокса.

Наибольшее распространение получили двухвалковые дробилки. В зубчатых дробилках каждый валок состоит из вала и прикрепленного к нему многогранника, к которому болтами крепятся сменные зубчатые сегменты (бандажи) в виде отливок из марганцовистой стали.

Для крупного и среднего дробления рядовых углей, антрацита и сланцев, содержащих крупнокусковую породу с коэффициентом крепости до 4, широкое применение имеют двухвалковые зубчатые дробилки типа ДДЗ, работающие по принципу раскалывания. Наличие зубьев на валках способствует не только уменьшению выхода мелочи и расхода энергии на дробление, но и уменьшению диаметра валка.

Молотковые и роторные дробилки

Молотковые и роторные дробилки с вращающимся ударным ротором бывают в основном двух типов:

- молотковые с шарнирно подвешенными молотками;
- роторные с жестко закрепленными лопатками (билами).

Молотковые и роторные дробилки пригодны для крупного, среднего и мелкого дробления угля. Достоинства этих дробилок заключаются в простоте их конструкции, компактности, надежности и относительно высокой степени дробления (10–20 и более).

В редких случаях используют дробилки конусные; отбойные центробежные, барабанные грохоты-дробилки.

Конусные дробилки

По назначению различают конусные дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. В конусных дробилках уголь дробится в кольцевом пространстве, образованном наружной неподвижной конической чашей (верхней частью станины дробилки), и расположенным внутри этой чаши подвижным дробящим конусом. У дробилок для крупного дробления вал подвешивается к верхней траверсе, а у дробилок для среднего и мелкого дробления — на сферический подпятник, на который опирается дробящий конус, жестко закрепленный на валу. Основное дробящее действие конусных дробилок — раздавливание, но имеет место и разлом кусков при изгибе, возникающем, когда кусок зажат между вогнутой поверхностью чаши и выпуклой поверхностью дробящего конуса.

На обогатительных фабриках дробильные установки обычно совмещаются с сортировочными. Примерами являются дробильно-сортировочные установки, а также барабанные грохоты-дробилки, которые также осуществляют отделение посторонних предметов.

2.3.2.2 Сортировка сырья по крупности

2.3.2.2.1 Грохочение

Грохочение — процесс разделения зернистых материалов по крупности на просеивающих поверхностях с калиброванными отверстиями.

Зерна (куски) угля, размер которых больше размера отверстий сита, остаются при просеивании на сите, а зерна меньших размеров проваливаются через отверстия.

Материал, поступающий на грохочение, называется исходным, а материал, остающийся на сите, — надрешетным (верхним) продуктом, проваливающийся через отверстия сита — подрешетным (нижним) продуктом.

На обогатительных фабриках используются следующие виды грохочения:

- *предварительное*, предусматривающее отделение из основной массы исходного материала крупных кусков для последующей их обработки, например дробления;
- *подготовительное*, при котором исходный материал разделяют на несколько классов крупности, предназначенных для последующей раздельной обработки в различных обогатительных машинах; продукты подготовительного грохочения называют машинными классами;
- *окончательное*, при котором исходный материал разделяют на классы крупности, размеры и зольность которых регламентируют; полученные классы являются готовой продукцией;
- *обезвоживающее*, предусматривающее удаление содержащейся в продукте мокрого обогащения основной массы воды [33].

Эффективность грохочения определяется следующими факторами: гранулометрическим составом исходного материала, его влажностью, углом наклона грохота, амплитудой и частотой колебания грохота.

По крупности выделяют три вида зерен:

- *легкие*, размер которых меньше, чем отверстие грохота; такие зерна легко отгрохачиваются и не снижают эффективность;
- *трудные*, размер которых близок размеру отверстия грохота; такие зерна могут застревать в отверстиях, резко снижая эффективность;
- *затрудняющие*, размер которых чуть больше отверстия грохота, такие зерна скапливаются на поверхности решета грохота, снижая эффективность грохочения. Таким образом, чем больше в материале трудных и затрудняющих зерен, тем ниже эффективность грохочения при прочих равных условиях.

Зерна, не прошедшие через отверстия грохота, называются надрешетным продуктом, а зерна, прошедшие через них, — подрешетным. Надрешетный и подрешетный продукты непрерывно удаляются.

Рабочими поверхностями грохотов могут быть колосниковые решетки, набранные из параллельных брусьев (круглые, квадратные, ромбические, в виде рельсов и т. д.), стальные решета со штампованными или сверленными отверстиями, плетеные сетки из стальной или латунной проволоки, резиновые маты со штампованными отверстиями, сита из синтетических материалов (полиуретан, капролакс и др.).

Основными типами промышленных грохотов являются:

- колосниковые;
- валковые;

- дуговые;
- барабанные;
- вибрационные.

Колосниковые грохоты

Колосниковые грохоты, устанавливаемые под углом к горизонту, представляют собой решетки, собранные из колосников. Материал, загружаемый на верхний конец решетки, движется по ней под действием силы тяжести. При этом мелочь проваливается через щели решетки, а крупный класс сходит в нижнем конце. Размер щели между колосниками — не меньше 50 мм, в редких случаях — 25–30 мм. Угол наклона решетки для углей составляет 30–35°. При переработке влажных материалов угол наклона грохота увеличивают на 5–10°. Эффективность грохочения колосниковых грохотов невысокая, она составляет около 70 %. Колосниковые грохоты применяют для предварительного отделения крупных кусков угля, выделения крупных посторонних примесей (дерева, металла).

Валковые грохоты

Валковый грохот представляет собой наклонную площадку, набранную из горизонтальных параллельных осей, которые свободно вращаются в подшипниках. На каждую ось надет ряд металлических дисков, которые располагаются в шахматном порядке. На верхний край грохота подается исходный материал, при этом мелкий уголь проваливается сквозь промежутки между валками. Такие грохоты применяют для крупного грохочения углей. Эффективность их грохочения несколько выше, чем у колосниковых, и составляет около 75 %.

Дуговые грохоты

В дуговых грохотах исходный материал самотеком или насосом подают на решетку в виду пульпы с содержанием твердого от 7 % до 70 %. Так как при этом обеспечивается высокая подвижность тонких частиц, эффективность грохочения достигает 70 % — 80 %, даже несмотря на малый размер отверстий грохота. Дуговые грохоты предназначены для предварительного обезвоживания и обесшламливания (отделения класса — 0,5 мм) мелкого угля перед его обогащением гравитационными методами, выделения крупнозернистой части из угольной пульпы перед ее обогащением методом флотации [33].

Барабанные грохоты

Барабанные грохоты в зависимости от формы барабана могут быть цилиндрическими или коническими. Боковая поверхность барабана, образованная перфорированными стальными листами или сеткой, служит просеивающей поверхностью грохота. Ось цилиндрического барабана наклонена к горизонту под углом 4–7°, а ось конического барабана горизонтальна. Уголь загружают внутрь барабана на верхнем конце, и вследствие вращения и наклона он продвигается вдоль оси барабана. Мелкий материал проваливается через отверстия, крупный — удаляется из барабана на нижнем конце. Эффективность грохочения при использовании данного оборудования составляет 60 % — 70 %.

Вибрационные грохоты

Главной особенностью вибрационных грохотов является наличие вибрационного устройства, которое сообщает грохоту гармонические колебания (вибрации), необходимые для процесса грохочения. По характеру колебаний все вибрационные грохоты можно разбить на две большие группы:

- с прямолинейными качаниями короба;
- с круговыми качаниями.

В первой группе наибольшее распространение получили самобалансные грохоты.

Самобалансные грохоты имеют приводной механизм в виде двухвального вибровозбудителя. Прямолинейные гармонические колебания короба грохота генерируются силой инерции двух противоположно вращающихся дебалансовых грузов. Короб с ситом, закрепленный на вертикальных упругих опорах, под действием вибровозбудителя совершает прямолинейные колебания под углом к плоскости сита.

Ко второй группе относятся, например, инерционные грохоты, которые изготавливаются в подвесном или в опорном исполнении. Предпочтение отдается опорным грохотам как более надежным в работе. Вибрационные грохоты характеризуются высокой производительностью и значительной эффективностью (75 % — 85 %) грохочения, поэтому являются самыми распространенными.

2.3.2.2.2 Классификация

Классификация — это процесс разделения материала по крупности в жидкости (или газе), основанный на различии скоростей падения в полях гравитационной силы (гравитационная классификация) или центробежной силы (центробежная классификация) зерен различной крупности. В соответствии с используемой средой (вода или воздух) классификация может быть гидравлической или пневматической, наибольшее распространение получила гидравлическая классификация.

Скорость осаждения зерна в жидкости определяется плотностью, размером и формой зерна, а также плотностью и вязкостью жидкости.

Обычно при обогащении углей классификации подвергается продукт, содержащий частицы меньше 13 мм. Гидравлическую классификацию применяют для разделения по граничной крупности 40 мкм и более.

Основными классифицирующими аппаратами являются:

- конусные классификаторы;
- спиральные классификаторы;
- гидроциклоны.

Конусные классификаторы

Простейшими гидравлическими классификаторами являются автоматические конусы. На обогатительных фабриках их используют для отделения мелкого угля от шламов. В конусный классификатор исходную пульпу подают в центр воронки через трубу, опущенную значительно ниже уровня слива, чтобы обеспечивался ее восходящий поток. Тонкие частицы с водой сливаются через порог, а крупные осаждаются вниз и периодически разгружаются.

Спиральные классификаторы

У спирального классификатора исходный материал подается в нижнюю треть ванны. Мелкие частицы, у которых скорость падения низкая, удаляются со сливом через порог. Крупные частицы, чья скорость падения выше, оседают на дно и спиралью транспортируются в верхнюю часть ванны, где разгружаются через специальное отверстие. На дне аппарата образуется постель из осевших частиц, которая предохраняет ванну от износа. Спиральные классификаторы бывают одно- и двухспиральные.

Гидроциклоны

Гидроциклоны — аппараты для классификации тонкоизмельченных материалов по гидравлической крупности в центробежном поле, создаваемом в результате вращения пульпы. Их применяют также для обогащения мелко- и среднезернистого сырья в тяжелых суспензиях. Исходная пульпа подается в гидроциклон под давлением через питающую насадку, установленную тангенциально непосредственно под крышкой аппарата. Пески разгружаются через песковую насадку, а слив — через сливной патрубок, расположенный в центре крышки и соединенный со сливной трубой непосредственно или через сливную коробку. Движущихся деталей в гидроциклоне нет. Главной действующей в гидроциклоне силой является центробежная сила инерции, возникающая при вращении пульпы благодаря тангенциальной подаче питания. Под действием центробежной силы более крупные и более тяжелые частицы твердого отбрасываются к стенке корпуса гидроциклона, опускаются под действием силы тяжести вниз и разгружаются через песковую насадку. Более тонкие и легкие частицы вытесняются к центру гидроциклона и выносятся в слив.

Гидроциклоны применяют в настоящее время в качестве классифицирующих аппаратов на подавляющем большинстве обогатительных фабрик.

Гидросайзеры

Для классификации зернистых шламов путем разделения исходного материала по плотности и крупности восходящими потоками воды в стесненных условиях применяют гидросайзеры. Данный вид оборудования пригоден только для шламов легкой обогатимости. Его использование характеризуется большим расходом чистой свежей воды (до 400 т/ч.). В аппаратах типа Stokes и Floatex реализуется принцип стесненного осаждения в восходящем потоке воды, создаваемом в рабочей камере.

2.3.2.2.3 Обесшламливание угля

Обесшламливание угля — это процесс удаления наиболее мелких частей измельченного угля (шламов) из пульпы для повышения качества концентрата [37].

Обесшламливание угля может как предшествовать основному процессу обогащения, так и производиться на промежуточном или конечном этапе обогащения.

Предварительное обесшламливание угля применяется перед флотационным обогащением или перед применением гравитационных методов обогащения, а также перед электрической сепарацией.

Обесшламливание угля основано на разнице в скоростях движения частиц различной крупности под действием силы тяжести или центробежной силы в водной или воздушной средах.

Для обесшламливания угля применяют воздушные, гидравлические и спиральные классификаторы, а также гидроциклоны. Для улучшения процесса обесшламлива-

ния в водной среде используются механические (колебания различной частоты и амплитуды), физико-химические (реагенты-диспергаторы, например едкий натр, сода, технические лигносульфонаты и др.) и физические (магнитное поле) воздействия.

2.3.3 Гравитационное обогащение

Гравитационные методы обогащения заключаются в разделении частиц под действием собственного веса и сопротивления среды и основаны на различии в плотности минеральных зерен.

Гравитация является основным методом обогащения угля, что определяется большой разницей в удельных весах: уголь — 0,8–1,5; глина –1,8–2,2; углистый сланец — 1,7–2,2; сланцы — 2–2,8; песчаник — 2,2–2,6; пирит — 5 г/см^3. Разделяющими средами при гравитационном обогащении могут быть водные суспензии, вода и воздух.

Гравитационные процессы отличаются большой скоростью разделения, высокой эффективностью и производительностью, дешевизной.

При обогащении угля применяются мокрые гравитационные процессы и сухие. Преимуществом мокрых процессов является высокая эффективность, они применяются для сравнительно крупных углей. Показатели обогащения бывают выше, чем при сухих процессах обогащения. Недостатком мокрого обогащения является большое содержание влаги, а также необходимость использования воды для обогащения и связанные с этим затруднения при обогащении в районах с засушливым климатом.

Преимуществом сухого обогащения является отсутствие увеличения влажности угля.

К недостаткам сухого обогащения можно отнести ограничение по размеру углей (не крупнее 80 мм), значительное образование пыли, которую необходимо улавливать, а также возможность применения только к легкообогатимым углям, при этом наблюдаются низкие показатели обогащения по сравнению с мокрым процессом.

Применение сухого обогащения возможно лишь к углю с содержанием внешней влаги 3 % — 5 %, иначе потребуется подсушка, а, следовательно, дополнительные затраты.

Выбор применения гидравлического или пневматического обогащения зависит от обогатимости обрабатываемого угля, от климатических условий, экономических факторов. Часто крупные классы обогащаются мокрым способом, а мелкие — сухим, так как обезвоживание их затруднено.

Гравитационные методы включают:

- обогащение в тяжелых средах (жидкостях и суспензиях);
- отсадку;
- обогащение в наклонно текущем потоке;
- сухие методы обогащения.

2.3.3.1 Обогащение углей в тяжелых средах

Обогащение в тяжелых средах может осуществляться в жидкой (водноутяжеленной) среде или в воздушных взвесях (аэросуспензиях). В качестве тяжелых сред применяют однородные органические жидкости и их растворы, водные растворы солей и суспензии.

К органическим тяжелым жидкостям относятся: трихлорэтан (δ = 1460 кг/м^3), четыреххлористый углерод (δ = 1600 кг/м^3), пятихлорэтан (δ = 1680 кг/м^3), дибромэтан (δ = 2170 кг/м^3), бромоформ (δ = 2810 кг/м^3) и др. Органические тяжелые жидкости в производственных условиях имеют ограниченное применение. Их используют в основном для разделения углей по плотности при выполнении фракционных анализов и оперативном контроле качества продуктов обогащения. Применение этих жидкостей сдерживается их высокой стоимостью, токсичностью, сложностью регенерации.

Водные растворы неорганических солей (хлористого кальция (δ = 1654 кг/м^3), хлористого цинка (δ = 2070 кг/м^3), йодистой ртути и йодистого калия (δ = 3196 кг/м^3) и др.) применяются (в основном первые два раствора) для исследования углей на обогатимость и на этапе экспресс-контроля работы обогатительных машин.

Наиболее широкое применение в качестве тяжелой среды для разделения углей получили суспензии минеральных порошков высокой плотности. В качестве утяжелителя используют измельченные до крупности менее 0,1 мм различные минералы (иногда смесь минералов): магнетит, пирит, барит, кварцевый песок, глину и др. Утяжелитель должен обеспечивать приготовление суспензии заданной плотности при объемной концентрации, не превышающей определенного предела. Механическая прочность утяжелителя должна быть достаточно высокой, чтобы при длительной циркуляции, не происходило его существенное измельчение. В то же время утяжелитель не должен быть абразивным. Гранулометрический состав утяжелителя выбирается таким образом, чтобы он обеспечивал образование относительно устойчивой к расслоению в поле силы тяжести суспензии.

Технология обогащения как крупных, так и мелких кусков угля в магнетитовой суспензии включает ряд технологических операций. К ним относятся:

- подготовка (классификация и обесшламливание) углей;
- приготовление рабочей суспензии;
- обогащение;
- отделение суспензии, промывка и обезвоживание продуктов обогащения;
- регенерация разбавленной суспензии;
- автоматическое регулирование плотности;
- циркуляция и распределение потоков рабочей суспензии.

2.3.3.1.1 Сепараторы для обогащения в тяжелых средах

Из многочисленных типов тяжелосредных аппаратов в углеобогащении широкое применение нашли сепараторы:

- колесные;
- барабанные;
- тяжелосредные гидроциклоны.

Колесные сепараторы

Принцип работы колесных сепараторов состоит в разделении в ванне с суспензией материала по плотности, при этом всплывший продукт выгружается гребковым механизмом, потонувший — элеваторным колесом.

Колесные сепараторы типа СКВ с элеваторной выгрузкой осевшей фракции получили наибольшее распространение. Область их применения — разделение крупных машинных классов углей (13(6) — 300) мм на два продукта. Особенность конструкции

сепаратора СКВП-32 — наличие загрузочного устройства с качающимся лотком, в днище которого имеются поперечные щели для подачи суспензии. Загрузочное устройство присоединено к ванне, что позволяет ее удлинить и повысить эффективность сепарации. При возвратно-поступательном движении лотка через его щели проходит поток магнетитовой суспензии, способствующий разрыхлению транспортируемого в сепаратор материала. Суспензия в сепаратор с удлиненной ванной поступает тремя потоками: транспортным, подлотковым (подпорным) и восходящим.

Сепаратор СКВП-32 состоит из основных узлов:

- корпус с рабочей ванной;
- вертикальное элеваторное колесо с ковшами;
- загрузочно-распределительное устройство;
- гребковое устройство;
- приводы.

Корпус выполнен из отдельных частей — днища, двух боковых секций, загрузочного лотка и разгрузочного желоба. Цилиндрическая часть корпуса (ванна) имеет футеровку из нержавеющей стали. Для выпуска из ванны суспензии в нижней части корпуса предусмотрено выпускное устройство. В корпусе крепятся основные узлы и механизмы сепаратора:

- элеваторное колесо для выгрузки потонувшего продукта с приводом;
- загрузочно-распределительное устройство, состоящее из загрузочного желоба с течкой, патрубка для подвода суспензии, жалюзийной решетки для равномерного распределения транспортного потока суспензии, лопастного погружателя, кармана для подачи восходящего потока суспензии;
- разгрузочный гребковый механизм с лопастями;
- кожух желоба для выгрузки всплывшего продукта; опорные катки элеваторного колеса.

Кроме того, на корпусе крепится общий привод качаний жалюзийной решетки и вращения разгрузочного гребкового устройства.

Барабанный сепаратор

Барабанный сепаратор сочетает в себе высокую эффективность разделения с уникальной особенностью конструкции — все механические движущие части расположены снаружи барабанов, т. е. внутри самой установки нет ковшей, цепей, прочих движущихся элементов.

Барабанный сепаратор типа СБС имеет ленточную спираль на внутренней поверхности. Уголь класса +6 мм поступает по желобу в барабан, который установлен на роликоопорах и приводится во вращательное движение. Суспензия поступает в барабан по желобу и движется в направлении, показанном стрелкой. Концентрат всплывает и уносится потоком суспензии, а порода осаждается на дно и транспортируется в обратном направлении спиралью. В конце барабана порода попадает в элеваторное колесо, которым выбрасывается в желоб. Барабанные сепараторы успешно обогащают крупные классы 25–200 мм и работают с магнетитовой суспензией.

Тяжелосредные гидроциклоны

Преимущества тяжелосредных гидроциклонов перед аппаратами, в которых разделение происходит только под действием сил тяжести (сепараторы типа СК), заключается в наличии центробежного поля, которое приводит к значительному (в десятки раз) увеличению скорости разделения материала по плотности. Кроме того, в гидро-

циклонах образуется турбулентный гидродинамический поток, разрушающий структуру суспензии, благодаря чему в них можно обогащать тонкие классы угля до крупности 0,15 мм. Тяжелосредные гидроциклоны применяют для обогащения углей любого класса крупности в пределах 0,5–40 мм и переобогащения промпродуктов отсадки аналогичной крупности.

2.3.3.2 Обогащение углей отсадкой

Отсадкой называется процесс разделения угольной смеси (угля, сростков и породы) по плотности в восходящей и нисходящей струях воды (мокрая отсадка) или воздуха (пневматическая отсадка), движущихся с переменной скоростью.

В процессе отсадки материал, помещенный на решете отсадочной машины, периодически разрыхляется и уплотняется. Зерна обогащаемого материала под влиянием сил, действующих в пульсирующем потоке, перераспределяются таким образом, что в нижней части постели сосредотачиваются частицы максимальной плотности, а в верхней — минимальной [33].

В зависимости от размера зерен обогащаемых углей различают:

- отсадку крупных углей (крупность >10 (13) мм, реже >25 мм);
- отсадку мелких углей (крупность <10 (13) мм или <25 мм);
- отсадку ширококлассифицированных углей — совместное обогащение в отсадочной машине крупных и мелких классов угля, обычно 0,5–80 мм или 0,5–100 мм с предварительной классификацией рядового угля по верхней и нижней крупности;
- отсадку неклассифицированных углей — совместное обогащение в отсадочной машине крупных и мелких классов угля без предварительной классификации рядового угля по верхней и нижней крупности.

Различают основную (обогащение рядового угля) и контрольную (переобогащение промежуточного продукта) отсадку. Преимущества отсадки по сравнению с другими процессами гравитационного обогащения заключаются в универсальности, производственной простоте, технологической эффективности и экономичности.

Параметры отсадки или факторы, влияющие на процесс разделения материала по плотности, делятся на гидродинамические и технологические. К гидродинамическим относятся параметры, обусловливающие создание колебательного режима среды и взвешивание постели. К технологическим параметрам относятся факторы, определяемые качеством и количеством обогащаемых углей, т. е. их фракционным, гранулометрическим составами и удельными производительностями по исходному углю, отходам и промпродукту.

Оптимальные условия для успешного разделения углей по плотности достигаются путем регулировки подачи сжатого воздуха и подрешетной воды в отсадочную машину, при этом важную роль играют исходные параметры сжатого воздуха, его давление и характер подачи в отсадочную машину, т. е. воздушный цикл пульсаций.

Режим отсадки угля в значительной степени определяется его крупностью, гранулометрическим и фракционным составами.

Гранулометрический состав угля оказывает существенное влияние на технологические результаты обогащения отсадкой. Значительные колебания гранулометрического состава затрудняют регулировку отсадочных машин, ухудшают показатели.

С уменьшением размера частиц точность разделения угля по плотности снижается, а показатели погрешности разделения возрастают.

Фракционный состав питания и диапазон плотностей разделения необходимо учитывать при выборе режима работы отсадочных машин. Для уменьшения влияния фракционного состава угля на результаты отсадки необходимо усреднение рядовых углей перед обогащением. Уменьшение контрастности, т. е. если граница разделения не явно выражена, влечет за собой снижение эффективности разделения, так как увеличивается взаимозасоряемость фракций.

2.3.3.2.1 Отсадочные машины

Показатели обогащения пневматических машин (сепаратор СПБ-100 (уголь 30–100 мм и 13–100 мм), УМ-3, СПК-4, СПБВ, СП-75) несколько хуже, чем у отсадочных машин мокрого обогащения, так как содержание золы в концентрате у них на 1 % — 2 % выше. Кроме того, пневматические машины гораздо чувствительнее к колебаниям состава питания. При обогащении угля используется преимущественно отсадка мокрым способом.

Мокрая отсадка применяется как для крупных (100–12 мм) так и для мелких классов (12–0,5 мм). Отсадка осуществляется для угля крупностью от 0,5 мм [33], поэтому перед обогащением на отсадочных машинах уголь должен подвергаться подготовке (грохочению).

Современные обогатительные фабрики оснащены в основном беспоршневыми отсадочными машинами, у которых процесс отсадки идет за счет создания колебательного движения постели сжатым воздухом в водной среде. Выпускаются отсадочные машины с площадью отсадки от 8 до 24 $м^2$ и больше, состоящие из отдельных унифицированных секций. Новые отсадочные машины серии МО комплектуются вместе со специальными загрузочными устройствами, автоматическими устройствами для разгрузки тяжелых продуктов, обезвоживающими элеваторами, а иногда — воздуходувками.

В настоящее время на обогатительных фабриках применяются отсадочные машины с подрешетным расположением воздушных камер. В указанных машинах воздушные камеры дуговой формы находятся под решетом, занимая пространство по всей ширине корпуса. Это позволяет создать равномерную пульсацию воды и воздуха на всей площади машины, уменьшить ее габаритные размеры и массу. Отсадочная машина серии ОМ выполнена из трех унифицированных отделений. Корпус каждого отделения состоит из двух секций с водовоздушными камерами. В конце корпуса каждого отделения имеется разгрузочная камера со специальными шиберами, которыми регулируются ширина разгрузочной щели и высота порога перед последующим отделением. Внизу камеры находится разгрузочная воронка с разгрузочным устройством, состоящим из вращающегося ротора и качающихся колосников, исполняющих роль предохранителя от попадания в ротор крупных кусков отходов и других предметов. К разгрузочным воронкам подсоединяются элеваторы, выгружающие и обезвоживающие породные и промпродуктовые фракции, плотность выгружаемых фракций снижается от первого отделения к третьему.

2.3.3.3 Обогащение в наклонно текущем потоке

Обогащение в потоках, текущих по наклонным поверхностям, производится:
- на концентрационных столах;
- в шлюзах;
- в желобах;
- в винтовых сепараторах.

Движение пульпы в этих аппаратах происходит по наклонной поверхности под действием силы тяжести при малой (по сравнению с шириной и длиной аппарата) толщине потока.

2.3.3.3.1 Концентрационные столы

Концентрация (обогащение) на столах — это процесс разделения по плотности в тонком слое воды, текущей по слабонаклонной плоскости (деке), совершающей асимметричные возвратно-поступательные движения в горизонтальной плоскости перпендикулярно направлению движения воды. Концентрацию на столе применяют при обогащении мелких классов 6 (12) + 0,5 мм углей, в основном для их обессеривания. Концентрационный стол состоит из деки (плоскости) с узкими рейками (рифлями), опорного устройства и приводного механизма. Угол наклона деки — 4–10°. Для легких частиц преобладающими являются гидродинамическая и подъемная турбулентная силы, поэтому легкие частицы смывает в перпендикулярном к деке направлении. Частицы промежуточной плотности попадают между тяжелыми и легкими частицами.

2.3.3.3.2 Шлюзы

Шлюзы представляют собой слабонаклонные желоба, по которым движется поток воды со взвешенными и катящимися минеральными зернами и кусками. При этом тяжелые частицы отлагаются на дне желоба, а легкие катятся по дну. Самые мелкие частицы движутся с водой во взвешенном состоянии и сносятся в конце шлюза. Улавливанию и удержанию тяжелых частиц помогают шероховатые покровы и трафареты, укладываемые на дно шлюза. Осевшие частицы на дне шлюза не остаются неподвижными. Вихревыми потоками осадок все время промывается, легкие частицы выносятся из осадка в поток, а их место занимают тяжелые частицы. Постепенно осадок уплотняется. После этого подача материала на шлюзы прекращается и осадок смывается (споласкивается) в отдельный приемник. Осадок (шлих) обычно представляет собой грубый концентрат, направляемый на дальнейшую доводку.

Для крупнозернистого материала применяют шлюзы с глубоким наполнением. Ширина шлюзов составляет 700–1800 мм, глубина — 750–900 мм, длина — до 150 м, угол наклона — 2–3°. На дно укладывают трафареты из разных материалов и разной формы. Трафареты изготовляют из дерева, рельсов, булыжника. По форме чаще всего это бруски, устанавливаемые поперек желоба. Под трафарет подстилают иногда плетеные циновки — маты или листы рифленой резины. При сполоске постепенно снимают трафареты, осадок собирают и смывают.

Для обогащения тонкозернистого материала применяют шлюзы с малым наполнением (до 10 мм). Дно устилают мягкими покрытиями — ворсисто-шероховатыми покровами. В качестве мягких покрытий применяют специальные ворсистые технические

ткани и войлок, а также резиновые листы с ячеистым рифлением. Длина ворсистых шлюзов — 2–6 м [73].

2.3.3.3.3 Винтовые сепараторы

Обогащение угольных шламов в сепараторах с винтовыми желобами

Принцип обогащения на винтовых сепараторах заключается во взаимодействии сил, возникающих при прохождении пульпы по днищу винтового желоба. На частицы обогащаемого угля, движущиеся в виде двухфазной смеси, одновременно действуют силы тяжести и трения, центробежная и гидродинамические силы потока. В результате сочетания этих сил частицы твердого перемещаются не только по винтовой линии, но и циркулируют перпендикулярно потоку с различными скоростями, благодаря чему и достигается возможность разделения обогащаемого материала по плотности, крупности и форме. Более плотные частицы располагаются в нижних, а менее плотные — в верхних слоях потока. Тяжелые частицы (зерна породы), находящиеся в нижних слоях потока непосредственно на поверхности желоба, испытывают большое влияние сил трения. Путем подбора угла наклона для днища желоба и радиуса закругления его витков создаются условия, при которых более плотные частицы сползают в сторону внутреннего борта. Тогда равнодействующая сил тяжести и центробежной, действующих на породные частицы, направлена в сторону внутреннего борта. В то же время легкие угольные частицы подвергаются более сильному воздействию гидродинамической силы потока и равнодействующая указанных сил на эти частицы направлена в сторону внешнего борта.

Рабочим элементом сепаратора является винтовой желоб, который укреплен в металлическом каркасе. В сепараторе, как правило, два-три желоба, в некоторых конструкциях — пять, в одном желобе — не более пяти витков.

Отходы и промпродукт выводятся из процесса с помощью отсекателей, устанавливаемых на дне желоба. Исходный обогащаемый продукт после гидравлической классификации в гидроциклонах поступает на верхний виток желоба, двигаясь по которому он описывает несколько полных оборотов. Для улучшения разделения угля на внутренний борт желоба сепаратора подается вода в нескольких точках.

Обогащение угольных шламов на винтовых шлюзах

Опыт обогащения угольных шламов на винтовых сепараторах показывает, что для частиц крупностью <0,2 мм нужно снижать высоту центров расположения их в потоке, что может быть выполнено за счет уменьшения толщины потока. Один из способов простейшей реализации этого требования — применение сепараторов с более пологим и даже плоским профилем поперечного сечения, что реализовано в конструкциях винтовых шлюзов.

Результаты обогащения угольных шламов на винтовых сепараторах и шлюзах свидетельствуют, что обогащение на чрезвычайно простых аппаратах с винтовой рабочей поверхностью позволяет значительно улучшить технологические показатели работы фабрики за счет снижения зольности выпускаемой продукции или дополнительного получения продуктов обогащения из мелкозернистых отходов.

2.3.3.3.4 Противоточные сепараторы

Противоточные сепараторы могут применяться для обогащения энергетических углей, антрацитов, удаления породы из горной массы на шахтах и разрезах. Основное оборудование для противоточной сепарации — сепараторы типа СШ, СВШ и крутонаклонные КНС.

Принцип обогащения угля в противоточных сепараторах заключается в разделении материала на легкую и тяжелую фракции под действием системы силовых полей, направленных под углом друг к другу. Поле силы тяжести и гидродинамическое воздействие потока разделительной среды обеспечивают не только их расслоение, но и направленное транспортирование продуктов обогащения.

Шнековые и крутонаклонные сепараторы отличаются друг от друга воздействием потока среды на обогащаемый материал, методами транспортирования продуктов обогащения и способами регулирования рабочего режима. Получаемые продукты обогащения в рабочей зоне сепараторов движутся в противоположных направлениях: легкие фракции — по движению потока разделительной среды, тяжелые — навстречу им.

В горизонтальном шнековом сепараторе типа СШ исходный уголь поступает в сепаратор через центральную часть цилиндрического корпуса, снабженного шнеком. Поток разделительной среды подается в сепаратор навстречу движению шнека и транспортирует легкие фракции к месту их разгрузки. Тяжелые частицы навстречу потоку транспортируются шнеком.

В горизонтальных сепараторах шнек используют не только как транспортный орган, но и как устройство, способствующее разделению материала. Его вращение обеспечивает необходимый массообмен между двумя потоками, своевременное удаление тяжелых фракций, поддержание равномерного распределения материала и ликвидацию «застойных зон».

Вертикальный шнековый сепаратор типа СВШ устроен иначе. У него другая форма шнека, и загрузка осуществляется через полый вал, но принцип работы по существу тот же, что и в горизонтальном шнековом сепараторе. Легкие фракции транспортируются спиральным восходящим потоком разделительной среды, образованным шнеком и цилиндрическим корпусом, а тяжелые фракции под действием центробежной и гравитационной сил движутся по наклонной спирали шнека вниз. Основные параметры регулирования разделения в сепараторах типа СШ и СВШ — расход воды и частота вращения шнека.

Крутонаклонный сепаратор представляет собой короб прямоугольного сечения, наклоненный под углом 46–54 к горизонту. В средней части корпуса имеется загрузочный желоб для подачи в аппарат исходного угля. На верхней крышке каждого из отделений сепаратора укреплены винтовые регуляторы, поддерживающие внутри рабочего канала две специальные деки, снабженные зигзагообразными поперечными перегородками.

Угол наклона корпуса сепаратора определяет степень разрыхления материала в рабочей зоне. При обогащении крупных классов и углей, классифицированных по узкой шкале, угол наклона должен быть больше, чем при обогащении неклассифицированных и необесшламленных углей.

Крутонаклонные сепараторы КНС применяются для обогащения разубоженных углей, крупнозернистых шламов и механизации выборки породы крупностью до 150 мм.

2.3.3.4 Сухие методы обогащения

Гравитационное обогащение сухим способом осуществляется в воздушной, а не в водной среде, и потому иногда называется пневматическим обогащением.

Главными достоинствами пневматического обогащения являются простота технологических схем, отсутствие водно-шламового хозяйства. Как следствие, установки обогащения сухим способом отличаются относительно низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

Недостатком данного способа является его ограниченная применимость: он пригоден лишь при обогащении сухого легкообогатимого угля с крупностью кусков не более 80 мм (но и не менее определенного предела). При этом образуются большие объемы пыли, которую необходимо улавливать.

Сухое обогащение угля осуществляется по тем же принципам, что и мокрое обогащение, для него применяются схожие виды оборудования. Для сухого обогащения угля применяют отечественные отсадочные машины (типа ПОМ), сепараторы (типов УША, СП, УПВС), а также аналогичное импортное оборудование (в том числе сепараторы FGX китайского производства).

2.3.4 Флотация

Флотационный метод основан на использовании различий в естественной или создаваемой реагентами смачиваемости минералов. На основании этой особенности частицы угля прилипают к поверхности раздела фаз, частицы другой породы — не прилипают.

Флотация предполагает разделение тонкоизмельченных горных пород и тем самым обеспечивает снижение зольности угля. Поэтому флотация — наиболее эффективный и практически единственный метод обогащения угля, содержащего мелкие частицы пирита, гипса, песчаника, сланца, серы, а также каменноугольных шламов. На большинстве обогатительных фабрик угольный шлам формируется в результате сгущения шламовых вод, накапливающихся в процессе обезвоживания продуктов грохочения.

Объем угольных шламов, подвергающихся флотационному обогащению на углеобогатительных фабриках, постоянно увеличивается и на некоторых достигает 20 % — 25 % от перерабатываемого угля.

По принципу действия различают флотацию:

- масляную;
- пленочную;
- пенную.

Масляная и пленочная флотация при обогащении углей не получили распространения из-за недостаточной эффективности и малой производительности оборудования.

Пенная флотация получила всеобщее признание и промышленное распространение. Она заключается в том, что в аэрированной, насыщенной пузырьками воздуха пульпе при непрерывном подъеме вверх воздушных пузырьков происходит избирательное прилипание к ним относительно чистых угольных частиц, характеризующихся гидрофобными свойствами. Прилипшие частицы выносятся на поверхность, где сни-

маются специальными устройствами. Частицы пустой породы (характеризующиеся гидрофильными свойствами) смачиваются водой, к воздушным пузырькам не прилипают и остаются в пульпе, образуя так называемый камерный продукт. В пену иногда поднимаются глинистые частицы, увлекаемые пузырьками воздуха или более крупными частицами угля, но они имеют более слабые связи с пузырьками воздуха и легко вымываются из пены водой, движущейся между пузырьками. Описанный способ называется прямой флотацией — полезный компонент (уголь) накапливается в пене, а отходы (пустая порода) остаются в пульпе. Пенная флотация применяется для обогащения частиц шлама размером менее 0,5 мм.

Для интенсификации пенной флотации в пульпу добавляются специальные реагенты. В зависимости от назначения выделяют следующие группы реагентов: собиратели (коллекторы), пенообразователи (вспениватели), активаторы, депрессоры (депрессанты, подавители) и регуляторы среды [33]:

- *собиратели* повышают гидрофобность извлекаемой породы. Это органические вещества. Собиратели могут быть аполярными или гетерополярными. Аполярные собиратели содержат в своей молекуле углеводородную цепочку. Гетерополярные собиратели состоят из двух частей, отличных по своим физико-химическим свойствам: углеводородной цепочки и активной группы. Для флотации угля (за исключением окисленного угля) обычно применяют аполярные собиратели, в том числе продукты переработки угля, нефти и газа (масла, фенол, бензол, керосин, печное топливо и т. д.);

- *пенообразователи* способствуют созданию устойчивой минерализованной пены. Это органические соединения, в основном из класса спиртов;

- *депрессоры* повышают гидрофильность неизвлекаемого минерала. Это различные минеральные соли, кислоты и основания;

- *активаторы* усиливают действие собирателя на извлекаемый минерал. Это различные минеральные соли, кислоты и основания;

- *регуляторы* среды поддерживают pH пульпы в требуемых пределах. Обычно флотация угольных шламов протекает в нейтральной среде. Если необходимо сдвигать pH в кислую область, то чаще используют серную кислоту; если в щелочную, то щелочи (CaO, Na_2CO_3, $NaOH$).

Различные свойства угля оказывают влияние на его пригодность для флотации [26]:

- *степень метаморфизма*. Лучше флотируются угли средней стадии метаморфизма (К, Ж и ОС);

- *петрографический состав*. Блестящие ингредиенты углей (ветрен и кларен) флотируются лучше матовых (дюрен и фюзен);

- *степень окисленности*. Окисленные угли флотируются хуже неокисленных. При небольшом окислении поверхности углей положительное действие оказывает применение реагентов, содержащих молекулы типа спиртов. Окисленный шлам требует большого времени флотации;

- *характер вкрапления пустой породы*. В настоящее время на флотацию поступает большое количество труднообогатимых шламов, т. е. сростков угля с породой, что значительно усложняет технологию флотации. Наличие тонкой вкрапленности неорганических минералов определяет трудность флотационного обогащения;

- *гранулометрический состав*. Оптимальной крупностью зерен угля в питании флотации считается размер до 0,5 мм, причем наилучшей флотируемостью обладают

частицы класса 0,08–0,3 мм. С уменьшением крупности шлама увеличивается вероятность механического уноса породных частиц в пенный продукт. При наличии избыточного количества крупных частиц увеличиваются потери низкозольного угля с отходами флотации. Крупность шлама также влияет на расход реагентов: с уменьшением размеров твердых частиц увеличивается общая площадь их поверхности и соответственно количество реагента-собирателя, а также увеличиваются время флотации и объем пенного продукта;

- *форма частиц*. Форма, а также положение частицы в момент соприкосновения ее с пузырьком воздуха играют большую роль. Так, плоские частицы при соприкосновении с пузырьком плоскостью наибольшего сечения должны закрепиться лучше, чем шарообразные зерна или частицы другой формы, но соприкоснувшиеся с пузырьком небольшим участком своей поверхности. Плоские частицы угля, хорошо закрепившиеся на воздушных пузырьках, способствуют стабилизации пены;

- *наличие размокаемых глинистых включений*. Глинистое вещество представлено различными минералами. Они очень часто заполняют мельчайшие трещины, образуя в них агрегаты тончайших чешуек. Глинистые минералы легко размокают в воде, образуя огромное число тончайших глинистых шламов, которые нарушают процесс флотации;

- *фракционный состав*. По данным фракционного состава можно судить о теоретически возможных показателях флотации. В угольных шламах содержится от 3 % до 30 % промежуточных (по плотности) фракций. При высоком содержании этих фракций и их высокой зольности практически невозможно получить два конечных продукта обогащения — концентрат и отходы. Промежуточные фракции, как правило, выделяются в последних камерах флотомашин. Высокозольные промежуточные фракции выделяют в отдельный конечный продукт крайне редко, т. к. это связано с усложнением технологической схемы;

- *содержание твердого компонента в пульпе*. Для получения качественных продуктов флотации следует применять разбавленную пульпу (менее 100 г/л), хотя при этом общее извлечение уменьшается. Максимальный выход концентрата достигается при более высокой плотности пульпы, но при этом повышается ее вязкость и качество концентрата резко ухудшается.

Флотация осуществляется в специальных *флотационных машинах*. Они должны обеспечивать:

- непрерывную равномерную подачу пульпы и разгрузку продукции;
- интенсивное перемешивание пульпы для поддержания частиц во взвешенном состоянии и контактирования их с воздушными пузырьками;
- оптимальную аэрированность пульпы;
- создание спокойной зоны пенообразования.

Классификацию флотационных машин чаще всего производят в зависимости от способа аэрации и перемешивания пульпы. По этому признаку машины разделяют на несколько типов. Наиболее широко среди них распространены механические, пневматические и пневмомеханические [35]:

- механические машины осуществляют перемешивание пульпы, засасывание и диспергирование воздуха импеллером (мешалкой);
- пневматические машины осуществляют перемешивание и аэрацию пульпы подачей сжатого воздуха через патрубки или пористые перегородки;

- пневмомеханические машины подают воздух от воздуходувки, но перемешивание пульпы и диспергирование воздуха осуществляют импеллером.

Существуют пневмогидравлические машины с самоаэрацией или использованием для диспергирования принудительно подаваемого воздуха от различных гидравлических устройств.

Электрофлотационные машины осуществляют аэрацию пузырьками воздуха, выделяющимися при электролизе.

В машинах с изменяемым давлением аэрация обеспечивается выделением растворенных в пульпе газов.

Комбинированные машины осуществляют аэрацию несколькими способами.

Оптимальное содержание твердой компоненты в питании флотации составляет 80–120 кг/м^3. Положительно сказывается на результатах флотации подогрев пульпы до 27 °С — 30 °С. Реагентный режим флотации предусматривает состав реагентов, их количество и способ загрузки. Характерный расход собирателя составляет 600–1500 г/т, пенообразователя — 20–200 г/т. Для повышения эффективности флотации применяют дробную загрузку реагентов — часть реагентов подают в пульпу перед флотацией, а часть — непосредственно в камеры флотационной машины. Оптимальное время флотации, т. е. необходимая продолжительность пребывания пульпы в машине, зависит от свойств флотируемого угля и условий флотации и составляет 5–9 мин [33].

Для удаления воздуха из пенного продукта применяют пеногасительные устройства. Разрушение пены необходимо для улучшения транспортирования ее по желобам, работы вакуум-фильтров и насосов, перекачивающих пенные продукты флотации. По принципу действия их делят на механические, вакуумные, вакуум-механические и центробежные.

2.3.5 Специальные методы обогащения

2.3.5.1 Электрическая сепарация

Электрическая сепарация (электрический способ обогащения) основана на различиях в электрических свойствах разделяемых минералов и осуществляется под влиянием электрического поля. Минеральные частицы пыли и многозольный фюзен обладают большой электропроводностью (проводимостью) и способны быстро заряжаться электричеством, тогда как угольные зерна или малозольный витрен этими свойствами не обладают.

Электрическая сепарация в настоящее время для обогащения углей практически не используется из-за малой области ее применения по классам и влаге, а также из-за опасности процесса из-за токов высокого напряжения и большой вероятности воспламенения (взрыва) угольной пыли.

Условия, необходимые для успешного проведения электростатической сепарации, следующие [74]:

- максимальная крупность угля — не более 2 мм;
- влажность — не более 1 % — 1,5 %;
- содержание золы — более 10 % (содержание серы и других примесей во внимание не принимается);
- ток напряжением 20–25 кВ.

Сущность электрического способа обогащения состоит в том, что на частицы, имеющие различный заряд, в электрическом поле действует разная по значению сила, поэтому они движутся по различным траекториям. Процесс электрической сепарации можно условно разделить на три стадии:

1) подготовка материала к сепарации;

2) зарядка частиц, которая может осуществляться разными способами:

а) контактная электризация (осуществляется непосредственным соприкосновением частиц полезного ископаемого с заряженным электродом);

б) зарядка ионизацией (осуществляется воздействием на частицы подвижными ионами; наиболее распространенный источник ионов — коронный разряд);

в) зарядка частиц за счет трибоэлектрического эффекта (возникновение электрического заряда на поверхности частицы при ее соударении с другой частицей или со стенками аппарата);

3) разделение заряженных частиц, для чего применяют электростатические сепараторы, коронные сепараторы, коронно-электростатические сепараторы.

2.3.5.2 Масляная агломерация (грануляция)

В настоящее время реально рассматривать в качестве одного из альтернативных вариантов процессу флотации угля технологию селективной масляной агломерации тонких шламов, основанную на различном смачивании угольных и породных частиц масляными реагентами в водной среде. Сущность процесса заключается в селективном образовании углемасляных агрегатов при перемешивании пульпы в присутствии углеводородного связующего. В результате турбулизации пульпы образовавшиеся агрегаты уплотняются, структурно преобразуясь в прочные гранулы сферической формы. При этом в зависимости от концентрации связующего, образование агрегатов может происходить либо путем слипания омасленных угольных частиц через тонкую пленку связующего, либо в результате избирательного наполнения капелек масла гидрофобными угольными частицами.

К достоинствам процесса масляной агломерации можно отнести высокую селективность при разделении частиц менее 100 мкм, широкий диапазон зольности обогащаемого угля, возможность вести процесс при плотности пульпы до 600 г/л, дополнительное обезвоживание концентрата за счет вытеснения воды маслом при образовании углемасляных гранул, практически полное извлечение (>90 %) в угольный концентрат органической части угля и углеводородного связующего, что обеспечивает снижение зольности конечного продукта и повышение его теплотворной способности. К недостаткам способа относится сравнительно высокий расход масляных реагентов.

Метод обогащения угля масляной агломерацией известен с 1920-х гг., когда в США был разработан метод масляной агломерации угля «Трент-процесс». По этому методу уголь, измельченный до крупности 0–100 мкм, перемешивался с водой и масляным агентом (печным маслом, нефтью, бензолом и т. п.) в специальном контактном чане (амальгаматоре). Продукт перемешивания разделялся на сите. Была установлена возможность обогащения и обезвоживания по этому процессу антрацитов, каменного и бурого угля. Процесс был применен в промышленных условиях в США и Франции.

В 1950-е гг. в ФРГ был разработан метод «Конвертоль», который отличался от «Трент-процесса» аппаратурным оформлением, применением тяжелого мазута, мень-

шим расходом связующего вещества. Эксплуатация установки «Конвертоль» в промышленных условиях на протяжении 13 лет показала высокую эффективность процесса и стабильность качественных характеристик получаемых продуктов. Вместе с тем отмечены его недостатки — больший в сравнении с флотацией расход масла, сильный износ обезвоживающих центрифуг.

В 1960–1970-х гг. рядом исследовательских центров были разработаны различные модификации метода масляной агломерации. Сотрудники ВУХИН [16] (СССР) предложили подвергать масляной агломерации угольную шихту перед коксованием, что по полученным данным улучшает ее коксующие свойства и качество кокса. Фирмой «BHP» (Австралия) проводились работы по использованию масляной грануляции для сохранения коксующих свойств углей после их дальнего гидравлического транспортирования. В конце 1970-х — начале 1980-х гг. ИОТТ [17] был разработан способ «Могифлок», основное назначение которого — регенерация шламовых вод углеобогатительных фабрик. В 1980-е гг. Донецким политехническим институтом были разработаны новые модификации процесса масляной селекции: обогащение высокозольного угля методом масляной селекции (ОВЗУМС) и система масляной селекции при гидротранспортировании угля (СМАГТ). Также были разработаны метод «Олифлок» (ФРГ), метод масляной агломерации (Индия), метод сферической агломерации (Канада), процесс фирмы Shell Oil. Практически все указанные способы прошли опытно-промышленную апробацию (например, процесс ВУХИН использовался на Губахинском коксохимическом заводе более 10 лет).

Основным недостатком, сдерживающим широкое внедрение масляной селекции в производство, является высокий расход масляного агента, обусловленный необходимостью получения крупных агрегатов, чтобы при разделении агрегированного продукта и минерализованной суспензии на сите не происходило засорение подрешетного продукта мелкими угольными агрегатами.

Разработка новых «низкорасходных» по маслу технологий масляной агломерации, развитие вспомогательных процессов, в частности обезмасливания концентрата, а также выявление областей применения процесса, не выдвигающих жестких требований к расходу связующего вещества (подготовка угля к брикетированию, облагораживание угля перед ожижением, утилизация маслосодержащих отходов и др.) дают новый стимул для развития данной технологии.

Перспективы технологии масляной агломерации открываются при применении его на ТЭС и котельных, потребляющих жидкое топливо. В этом случае низкозольные гранулы могут служить высококалорийным наполнителем водоуглемазутной суспензии, сжигаемой с помощью мазутных форсунок. При добыче и переработке энергетических углей из дальнейшего использования обычно исключаются угольные шламы, которые в виде шламовой воды сбрасываются в наружные отстойники. В результате этого теряется большое количество ценной органической составляющей углей, происходит загрязнение окружающей среды. Использование масляной агломерации при обогащении шламов энергетических углей позволяет получить высококалорийное топливо при низких затратах на обезвоживание концентрата.

[16] Восточный научно-исследовательский углехимический институт.

[17] Институт обогащения твердого топлива.

2.3.5.3 Магнитное и электромагнитное обогащение

Угольное вещество является диамагнитным. Удельная магнитная восприимчивость диамагнитных тел отрицательная. Минеральные примеси в углях характеризуются парамагнитными свойствами. Различия в магнитных свойствах угольного вещества и минеральных примесей позволяют в принципе использовать магнитный метод для обогащения угля. Данный метод включает процессы магнитной сепарации и магнитной флотации.

В первую очередь магнитное обогащение перспективно для удаления примесей, содержащих соединения железа (оксиды, пирит).

Магнитная (или электромагнитная) сепарация может применяться для регенерации суспензии в рамках гравитационного обогащения мокрым способом. Технологические операции, входящие в схему подобной регенерации, включают: сбор и подачу в магнитные сепараторы промывных вод, дренажных вод и случайных переливов, содержащих магнетит, а также части рабочей суспензии; магнитное обогащение с целью выделения из разбавленной суспензии магнетитового концентрата; подачу регенерированной суспензии в систему циркуляции рабочей суспензии; вывод сгущенного немагнитного шлама с отходами регенерации; подачу слива магнитных сепараторов на ополаскивание продуктов обогащения [75].

Принцип действия данного метода обогащения связан с тем, что чем выше удельная магнитная восприимчивость минерального зерна, тем с большей силой магнитное поле воздействует на него (при прочих равных условиях). Минеральные зерна, для которых магнитная сила больше суммы противодействующих механических сил (тяжести, инерции, центробежной, сопротивления среды и т. д.), будут притягиваться к полюсам магнитной системы сепаратора и извлекаться в магнитный продукт. Минеральные зерна с низкой магнитной восприимчивостью практически не меняют намагниченности, не взаимодействуют с внешним магнитным полем и движутся в магнитном поле по траектории, зависящей от воздействия только механических сил. Эти минеральные зерна выделяются в немагнитный продукт.

Сепараторы могут иметь в своей основе электромагнит (электросепараторы) или постоянный магнит (магнитные сепараторы) [35]. Для обогащения полезных ископаемых крупностью от 3–6 до 100 мм применяется сухая магнитная сепарация мельче 3–6 мм, обычно мокрая. В зависимости от типа устройства для транспортирования магнитного продукта из зоны действия магнитной силы различают барабанные, валковые, роликовые, дисковые, ленточные, шкивные и другие сепараторы. В свою очередь барабанные, валковые, роликовые и ленточные сепараторы бывают с верхней и нижней подачей обогащаемого материала.

2.3.5.4 Прочие специальные методы обогащения

Обогащение по форме и коэффициенту трения возможно на неподвижных или подвижных гладких, рифленых и перфорированных поверхностях.

Магнитогидродинамическое (МГД) обогащение состоит в том, что при пропускании электрического тока через проводящую (электропроводную) жидкость, помещенную в магнитное поле, в ней возникает, кроме силы Архимеда, сила электромагнитной природы. Эта сила выталкивает из жидкости частицы с отличной от жидкости проводи-

мостью. Поэтому разделение частиц осуществляется одновременно по плотности и проводимости. Для эффективности процесса необходимо, чтобы проводимость жидкости была выше проводимости угля. Применяют растворы NaOH, NaCl и др.

Магнитогидростатическая сепарация аналогична МГД-обогащению, но разделяющей средой в ней является не электролит, а ферромагнитная жидкость. При взаимодействии с внешним полем в ней появляется выталкивающая сила, которая постоянна во всем объеме жидкости и зависит от ее плотности, регулируемой силой тока в обмотке возбуждения электромагнита. В качестве ферромагнитной жидкости можно использовать водный или керосиновый коллоидный раствор ферромагнетика Fe_3O_4

Селективная коагуляция и флокуляция применяются для обогащения угольных шламов. Она основана на различии коллоидно-химических свойств компонентов. Этот метод известен давно, но развитие получил в последние годы вследствие синтеза и промышленного производства ряда высокомолекулярных соединений, принадлежащих классу защитных коллоидов. С помощью этих соединений создаются такие условия, что глинистые частицы находятся во взвешенном состоянии, а угольные — седиментируют (селективная коагуляция) или образуют флокулы, которые затем удаляют (селективная флокуляция). Для селективной коагуляции перспективно применение сочетания различных полимеров типа полиакриламида, для селективной флокуляции угольных шламов — полимеров типа латексов.

Каскадно-адгезионное обогащение объединяет в себе особенности пенной, масляной, вакуумной, пленочной флотации и может быть использовано для очистки сточных вод углеобогатительных фабрик, а также других промышленных предприятий. Опытно-промышленные испытания каскадно-адгезионного обогащения шламов оборотной воды углеобогатительной фабрики Череповецкого металлургического комбината позволили получить концентрат зольностью 3,6 % и влажностью 3 % — 5 % в виде гранул крупностью 6–8 мм, зольность отходов составила 69 % — 70 % [74].

2.3.6 Обезвоживание

В большинстве случаев получаемые продукты обогащения содержат значительное количество воды и непригодны для транспортирования. Для удаления воды (влаги) из продуктов обогащения применяют ряд операций, называемых в общем случае обезвоживанием.

Получаемые на обогатительных фабриках промежуточные продукты, как правило, представлены жидкими пульпами. Присутствующую в угле внешнюю [18)] влагу подразделяют на гравитационную, капиллярную, пленочную и гигроскопическую:

- *свободная (гравитационная)* удаляется под действием сил тяжести; продукты обогащения представляют собой суспензии;

- *капиллярная* удерживается силами капиллярного давления и удаляется с помощью внешних сил; продукты называются влажными (мокрыми);

- *пленочная* удерживается на поверхности частиц силами молекулярного притяжения между молекулами воды и частиц; продукты называют воздушно-сухими;

[18)] Внутренней влагой называют влагу, содержащуюся в кристаллической решетке минерала, в угле она не встречается.

- *гигроскопическая* содержится в сухих продуктах и удерживается на поверхности частиц адсорбционными силами в виде мономолекулярных пленок.

В зависимости от характеристик материала (главным образом, начальной влажности, гранулометрического и минералогического составов) используют различные методы обезвоживания. Для сравнительно крупных частиц — дренирование, центрифугирование; для мелких частиц — сгущение и фильтрацию (фильтрование). Часто необходимой конечной влажности трудно достичь за одну стадию, поэтому на практике для некоторых продуктов обогащения используют операции обезвоживания разными способами в несколько стадий. Последней операцией обезвоживания является сушка.

Дренирование — наиболее простой способ удаления влаги, применяемый в основном к крупно- и среднезернистым продуктам (конечная влажность 5 % — 10 %). Дренирование заключается в естественной фильтрации жидкости через слой материала и пористую перегородку под действием сил тяжести [65]. Дренирование осуществляется *грохотами* (для крупного концентрата) и элеваторами (в том числе *багер-элеваторами и багер-сборниками*) (для мелкого концентрата) [76].

Центрифугирование — разделение неоднородных суспензий с относительно крупными частицами при помощи центробежных сил. Центрифугирование осуществляется различными видами *центрифуг* (фильтрующими, отсаживающими, комбинированными). После центрифугирования получают продукты с содержанием влаги 10 % — 15 %.

Сгущение — повышение концентрации твердой фазы в сгущенном продукте по сравнению с исходной пульпой или суспензией. Сгущение осуществляется под действием силы тяжести или центробежной силы [65]. После сгущения получают продукты с содержанием влаги 40 % — 60 %. Сгущение продуктов производят в одно- и многоярусных цилиндрических (радиальных) **сгустителях** диаметром 2,5–30 м, *гидроселараторах* (небольшие сгустители с центральным приводом для сгущения пульп, содержащих быстрооседающую твердую фазу), *гидроциклонах* (если при сгущении не требуется получения чистого слива). Также могут применяться *отстойники-гидроклассификаторы*.

Фильтрация — разделение суспензий с относительно мелкими частицами в специальных аппаратах (фильтрах), снабженных пористыми фильтровальными перегородками, которые пропускают жидкость, но задерживают твердую фазу. После сгущения получают продукты с содержанием влаги 10 % — 15 %. Фильтрование осуществляют на барабанных, дисковых, карусельных, камерных и ленточных *вакуум-фильтрах* (для шламов крупностью 0,5–3 мм), а также на *фильтр-прессах* (для шламов крупностью менее 0,5 мм). Сгущение и фильтрование можно интенсифицировать обработкой жидких пульп с помощью флокулянтов (полиакриламида и т. д.).

Сушку (термическое обезвоживание) продуктов обогащения осуществляют следующим образом:

- флотоконцентрат — в прямоточных *барабанных сушилках* с цепными насадками;

- отходы флотации — в противоточных или прямоточных барабанных сушилках с цепными насадками;

- мелкий концентрат и его смесь с флотоконцентратом и шламом — в барабанных сушилках с комбинированными насадками, в сушилках кипящего слоя, в *трубах-сушилках* и *пневмосопловых сушилках*;

- антрациты — в сушилках кипящего слоя, в пневмосопловых сушилках, в трубах-сушилках.

Для обезвоживания продуктов отсадки применяют *грохоты* (инерционные и конические), *элеваторы* (в том числе багер-элеваторы) и *центрифуги*. Грохоты и элеваторы предназначены для первичного обезвоживания концентрата, промпродукта и породы. Грохоты могут также использоваться для вторичного обезвоживания промпродукта ширококлассифицированной отсадки. Центрифуги осуществляют вторичное обезвоживание промпродукта и мелкого концентрата. Для предварительного сброса воды перед обезвоживающими аппаратами устанавливаются *щелевидные неподвижные сита* [76].

Для обезвоживания продуктов обогащения в тяжелых средах применяют *грохоты*. Кроме того, в процессе регенерации суспензия подвергается *сгущению* [77].

Для обезвоживания флотоконцентрата принимаются, как правило, *дисковые вакуум-фильтры*. Пульпа в вакуум-фильтр подается с избытком в 10 %. При напорной подаче флотоконцентрата на фильтрацию предусматриваются мероприятия по пеногашению. Наиболее труднофильтруемые флотоконцентраты обезвоживаются с использованием флокулянтов, для чего предусматривают комплектование вакуум-фильтров загрузочными устройствами. Обезвоживание флотоконцентрата также может производиться в *центрифугах* с последующим сгущением концентрата в *сгустителе* [74].

Для обезвоживания наиболее высокодисперсных взвесей крупностью менее 0,5 мм применяются фильтр-прессы [26].

В результате сортировки угля (например, грохочения) образуются шламовые воды. Эти шламовые воды подвергаются *обесшламливанию*. Для обесшламливания применяются классификаторы, а также вспомогательные устройства (грохоты, дуговые сита, загрузочные устройства, багер-зумпфы). Эффективность обесшламливания в классификаторах составляет 70 % — 90 % [77].

При проектировании водно-шламового хозяйства следует предусматривать:

- замкнутый цикл водно-шламового хозяйства в пределах промплощадки фабрики;

- исключение сброса загрязненных вод за пределы объектов фабрики.

Во всех водно-шламовых схемах следует предусматривать подачу части пульпы (слива гидроциклонов контроля крупности) на флотацию, части — в оборот (на мокрую классификацию). Размещение сооружений и устройств водно-шламового хозяйства должно, как правило, обеспечивать самотечный транспорт загрязненных вод и более плотных пульп.

2.3.7 Брикетирование угля

Получаемые в результате обогащения угольные концентраты зачастую представляют собой совокупность мелкодисперсных частиц, которые часто бывают непригодными для транспортировки и прямого использования. Поэтому для их применения осуществляют операцию окускования. Процесс окускования мелкозернистых материалов за счет прессования под давлением в стандартные куски называют брикетированием. Брикетирование угля может осуществляться с добавлением связующих веществ или без них [35].

Из бурых углей брикетированию подвергают молодые, так как они обладают высокой влажностью и низкой механической прочностью, что приводит к образованию большого количества мелочи при их перевозке и хранении, а в дальнейшем к значительным потерям при сжигании в топках (провалы через колосники и унос с дымовыми газами). Молодые бурые угли брикетируют без связующих материалов (так как они содержат значительное количество битумов — до 20 %) на прессах при давлении 100–120 МПа.

Принципиальная технологическая схема производства энергетических буроугольных брикетов включает следующие операции:

- дробление рядового угля (с контрольным грохочением) до крупности 6 мм;
- сушка до влажности 15 % — 20 %;
- охлаждение до 40 °С — 50 °С;
- прессование;
- охлаждение брикетов;
- складирование готовой продукции.

Схема получения технологических брикетов (для полукоксования и коксования) включает дополнительную операцию измельчения исходного материала до крупности 1 мм (после сушки).

Каменный уголь и антрацит характеризуются менее плотной структурой, меньшей пластичностью и меньшим содержанием битумов (<3 %). Поэтому мелочь каменных углей (марок Д, Т), антрацитов, коксовой шихты с повышенным содержанием слабоспекающихся углей брикетируется при давлении 20–80 МПа с различными связующими веществами (пек, нефтебитумы) или без них, но при предварительном нагреве до температуры пластического состояния (400 °С — 500 °С). При этом зольность углей не должна превышать 25 %.

Принципиальная схема брикетирования каменноугольных и антрацитных брикетов включает следующие операции:

- сушка рядового угля;
- дробление до крупности 3 мм (с предварительным грохочением);
- смешивание с подогретым до 120 °С — 180 °С связующим веществом (при этом вся шихта нагревается до температуры 75 °С — 80 °С);
- прессование;
- охлаждение брикетов;
- складирование [33].

2.3.8 Складирование угля и отходов производства

Данные вопросы рассмотрены в соответствующих пунктах настоящего справочника НДТ при описании добычи угля открытым способом (см. 2.2.4, 2.2.7.3.).

2.3.9 Контроль качества угля

Данный вопрос рассмотрен в соответствующем пункте настоящего справочника НДТ при рассмотрении добычи угля подземным способом (см. 2.1.5).

2.3.10 Природоохранные технологии (направление на ограничение воздействия на окружающую среду)

2.3.10.1 Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха

Пылеулавливание — это процесс очистки газов от взвешенных в них мелкодисперсных твердых частиц пыли. Эффективность пылеулавливания определяется отношением массы частиц пыли уловленных (осажденных) в пылеуловителе к массе частиц пыли на его входе.

Пылеулавливание необходимо для предотвращения загрязнения окружающей среды и соблюдения санитарно-гигиенических нормативов в производственных помещениях углеобогатительных фабрик. Пыль образуется практически на каждом этапе обогащения угля: в процессе сушки, при дроблении, сухом измельчении, сухой магнитной сепарации, при перегрузке продуктов и т. д.

Как правило, при обогащении угля места пылеобразования изолируют и применяют отсос запыленного воздуха с последующей его очисткой. Для этой цели применяются различные типы пылеулавливающих аппаратов. Тип используемых аппаратов обусловлен количеством очищаемого газа, необходимым качеством очистки, начальной концентрацией пыли в газе, перспективой утилизации пыли и другими факторами. Пылеулавливающие аппараты чаще всего устанавливают последовательно по два и более. В первом аппарате (первая стадия) отделяется основная масса пыли, более крупные по составу частицы, во втором (вторая стадия) — менее крупные частицы, и в последнем производится очистка от тончайших частиц. По способу отделения взвешенных частиц от потока газа пылеуловители обычно подразделяют на аппараты механической (сухой и мокрой) и электрической очистки. Сухой метод применяется чаще всего в первой стадии, мокрый и электрический — на последних стадиях.

Среди пылеуловителей, основанных на сухом методе очистки от взвешенных частиц пыли, наибольшее распространение на углеобогатительных фабриках получили батарейные циклоны (например, ПБЦ и ПБЦГ) и пылеконцентраторы, которые технологически могут быть выполнены как с нижним (ПКН), так и с верхним (ПКВ) подводом газа. Пылеконцентраторы и батарейные циклоны применяют на сушильных установках, в системах промышленной вентиляции и аспирации для предварительной очистки воздуха от взвешенных частиц.

Окончательная очистка запыленных газов осуществляется мокрым способом аппаратами мокрой газоочистки (например, МПРГ). Их эффективность достигает 97 %. Мокрые пылеуловители просты в изготовлении, надежны в работе и достаточно эффективны. К недостаткам можно отнести относительно высокие энергозатраты и необходимость интеграции в водно-шламовое хозяйство углеобогатительной фабрики для очистки оборотной воды.

Преимущества электрических фильтров: высокая степень очистки (до 99 %), относительно небольшой расход электроэнергии, возможность работы при высоких температурах и в химически агрессивных средах. К недостаткам электрических пылеуловителей можно отнести высокую стоимость, большие размеры, взрывную опасность при улавливании взрывчатой пыли, значительное выделение оксидов азота и озона, снижение эффективности улавливания пыли с малым электрическим сопротивлением.

Более подробная информация о пылеулавливании представлена в пункте 2.2.7.1 настоящего справочника. НДТ

2.3.10.2 Очистка оборотных и сточных вод

2.3.10.2.1 Очистка оборотных вод

На углеобогатительных фабриках, где применяется обогащение в водной среде, всегда имеет место шламообразование, то есть насыщение технической воды угольными частицами крупностью менее 1 мм за счет их присутствия в рядовом угле и дополнительного вторичного измельчения при процессах обогащения. На практике в ряде случаев в результате износа сит сброса и других просеивающих поверхностей, смыва просыпей угля и продуктов обогащения при инцидентах в шламовые воды попадают и более крупные зерна (крупнозернистый шлам). Для эффективной работы отсадочных машин и других аппаратов крайне важно, чтобы в оборотной (технологической) воде содержание твердых частиц было минимальным, в противном случае оборотная вода будет являться в определенной степени вязкой средой, что отрицательно влияет на все разделительные процессы. Процессы сгущения шламов и осветления воды взаимосвязаны между собой и одновременно протекают в одном и том же аппарате. Эти аппараты по принципу действия делятся на отстойные, где осаждение частиц происходит под действием силы тяжести (отстойники, сгустители и т. д.), и центробежные — с использованием действия центробежных сил (гидроциклоны, осадительные центрифуги). Процесс гравитационного сгущения шламов заключается в их осаждении в жидкости и уплотнении в осевшем осадке. В результате образуется осветленный слой и осадок твердого. Для интенсификации процесса в питание аппарата обычно добавляют специальные реагенты — флокулянты, под действием которых возрастает скорость осаждения. Для сгущения крупнозернистых шламов и осветления оборотной воды наибольшее распространение получили гидроциклоны, принцип действия которых основан на использовании центробежной силы, повышающей скорость осаждения частиц [72].

2.3.10.2.2 Очистка сточных вод

Большинство обогатительных фабрик в настоящий момент применяют технологию замыкания водно-шламовых схем. Это позволяет не сбрасывать смесь воды и угольного шлама в пруды-отстойники, а с использованием фильтр-прессов запускать воду в повторный цикл. Потребности обогатительной фабрики в воде примерно до 50 м^3 на тонну выпущенной продукции. При этом требования к качеству технической воды, используемой на обогатительных фабриках, значительно мягче требований на сброс в водные объекты. Соответственно, вода, которая образуется после фильтр-прессов, без дополнительной обработки запускается повторно в оборот.

В случае отсутствия технологии замыкания водно-шламовых вод на предприятии очистка сточных производственных вод, формирующихся в процессе обогащения угля, осуществляется с помощью тех же технологий, что и очистка сточных вод, формирующихся в процессе добычи угля (см. 2.1.8.2). При этом очистные сооружения обычно проектируются по схеме, предполагающей механическую и биологическую очистку сточных вод. В особых случаях может быть организована физико-химическая очистка

сточных вод. Тонкая очистка сточных вод практически не применяется на очистных сооружениях обогатительных фабрик.

2.3.10.3 Обращение с отходами производства

2.3.10.3.1 Утилизация хвостов обогащения

В результате обогащения угля формируются три продукта: угольный концентрат, промпродукт и хвосты. Угольный концентрат и промпродукт являются товарной продукцией, которая отгружается энергетическим и металлургическим предприятиям. Хвосты представляют собой отходы, в которых содержание полезного компонента (угля) ниже, чем в исходном сырье, поступающем на обогатительную фабрику.

Хвосты обогащения могут представлять собой сухую совокупность горных пород (например, после применения сухих гравитационных способов обогащения), но чаще они формируются в виде пульпы (например, после применения флотации). Пульпа (гидросмесь) представляет собой смесь твердых частиц диаметром от долей микрона до 3 мм и жидкости, в которой они взвешены. По крупности частиц различают несколько видов пульпы: грубые суспензии, тонкие суспензии, шламы (илы), коллоидные растворы.

Сухие хвосты обогащения размещают в отвалах подобно пустым породам (см. 2.2.7.3), а пульпа требует специального обезвоживания. Сухие хвосты могут быть использованы непосредственно на предприятиях угольной промышленности (для подсыпки грунта, для строительства дамб хвостохранилищ) или проданы в качестве строительного сырья.

Обезвоживание пульпы. Для сокращения объемов размещаемой пульпы может применяться обезвоживание. Для обезвоживания могут применяться следующие средства:

- рамные фильтр-прессы;
- осадочные центрифуги и гидроциклоны;
- хвостохранилища (гидроотвалы).

Осадочные центрифуги обеспечивают более высокое содержание воды в обезвоженной пульпе, чем рамные фильтр-прессы.

Возможно комбинирование средств для обезвоживания пульпы. Существуют три варианта размещения пульпы [69]:

1) прямой сброс пульпы в хвостохранилища;

2) предварительное обезвоживание пульпы в гидроциклонах с последующим размещением в хвостохранилище. Это позволяет повысить содержание твердой компоненты пульпы до 50 % — 70 % [64], что обеспечивает повышение емкости хвостохранилища при сохранении объема строительных работ;

3) обезвоживание пульпы в фильтр-прессах. Это позволяет снизить влажность отходов до 10 % — 15 %. Таким образом, отходы принимают вид обезвоженного шлама, который может размещаться в отвалах.

Первый вариант характеризуется низкими инвестиционными и операционными издержками, но требует проведения значительных работ по рекультивации хвостохранилища. Второй вариант отличается относительно высокими инвестиционными и операционными издержками, при этом требуется проведение значительных работ по ре-

культивации хвостохранилища. Третий вариант характеризуется высокими инвестиционными и операционными издержками, при этом практически не требуется проведение работ по рекультивации.

2.3.10.3.2 Хвостохранилища (гидроотвалы)

Общая информация

Хвостохранилище представляет собой гидротехническое сооружение. Хвостохранилища располагаются в границах земель, малопригодных для сельскохозяйственных целей: на заболоченных участках, в балках, оврагах, выработанных пространствах карьеров. В зависимости от рельефа основания различают хвостохранилища [37]:

- котлованные и котловинные, расположенные соответственно в выработанных пространствах карьеров и в естественных понижениях (не требуют строительства дамб);
- овражные и балочные (требуют строительства одной насыпной или намывной дамбы (плотины), перегораживающей овраг или балку);
- косогорные (требуют строительства дамб с двух или трех сторон);
- равнинные, расположенные на ровной местности или с небольшим уклоном, в пойме реки (требуют строительства дамб с четырех или трех сторон).

В зависимости от состава складируемой породы и способов обвалования хвостохранилища подразделяют на три типа:

- в хвостохранилища первого типа подаются пылевато-глинистые породы, а дамба обвалования возводится из привозного грунта на всю высоту;
- в хвостохранилища второго типа намывают песчаные или песчано-глинистые породы, при этом дамбы обвалования сооружают из намытого грунта;
- хвостохранилища третьего типа отличает складирование пород, содержащих песчаные и большей частью пылевато-глинистые частицы; дамбы обвалования поярусно отсыпают из привозного грунта.

Приемная способность хвостохранилищ может достигать 100 млн м^3, высота — 50 м и более.

Дамбы

Для формирования хвостохранилищ (за исключением котлованных и котловинных) необходимо создание ограждающих дамб, внутри которых образуется пруд-отстойник.

При строительстве первой очереди хвостохранилища строят дамбу первичного обвалования (первичную дамбу). При возведении второй и последующих очередей хвостохранилища (поверх первой) устанавливают дамбу вторичного обвалования (вторичную дамбу).

При строительстве ограждающих дамб максимально используют местные строительные материалы (включая вскрышные породы и твердые отходы обогащения). Карьеры для добычи строительных материалов для строительства дамб целесообразно размещать в чаше проектируемого хвостохранилища и впоследствии использовать их.

Дамбы могут возводиться с применением механического уплотнения грунта или без такового, с отсыпкой насухо или в воду, намывным и взрывным способом.

Основные требования к ограждающим дамбам сводятся к обеспечению устойчивости их откосов от оползания и оплывания под действием выклинивающихся на отко-

се фильтрационных вод и закрепленных намытых отходов от распыления (например, с помощью каменной наброски). Особое внимание обоснованию устойчивости откосов ограждающих дамб должно уделяться при большой интенсивности намыва грунтов и отходов, а также при устройстве хранилищ в сейсмических районах.

По своей конструкции дамбы подразделяются на [78]:

- однородные (состоят из гомогенной смеси строительных материалов);
- неоднородные (состоят из тела плотины и противофильтрационного устройства).

Функция тела дамбы состоит в обеспечении устойчивости дамбы и в защите противофильтрационных устройств от эрозии.

Противофильтрационные устройства (ПФУ) представляют собой водонепроницаемые объекты, предназначенные для борьбы с выносом жидких и твердых компонентов пульпы из хвостохранилища. К ПФУ относятся: призма, экран, диафрагма, ядро, понур, шпунт, зуб, стенка, завеса. ПФУ могут быть возведены как из уплотненных грунтов (например, глинистых), так и из негрунтовых материалов (полимерных пленок, битумных покрытий, глинобетона) [43].

Днище хвостохранилища также должно быть непроницаемым для жидкой компоненты пульпы. Непроницаемость может быть обеспечена как естественным грунтом, так и сочетанием естественного грунта с геосинтетическими материалами.

Неоднородные плотины могут снабжаться ПФУ из грунтовых и негрунтовых материалов. Плотины с грунтовыми ПФУ в свою очередь делятся на плотины:

- с центральным ядром, когда ПФУ из мелкозернистого грунта располагается строго по оси плотины;
- с наклонным ядром, когда низовая грань ПФУ наклонена к горизонту под острым углом, но угол наклона больше угла естественного откоса крупнозернистого грунта;
- с экраном, когда угол наклона низовой грани ПФУ меньше или равен углу естественного откоса крупнозернистого грунта.

Если ПФУ выполняется из негрунтового материала (бетон, асфальтобетон, сталь, дерево и т. д.), то по его положению в теле плотины различают экран, расположенный со стороны верхового откоса, и диафрагму, расположенную по оси плотины.

В европейской сборнике НДТ выделяют три слоя дамбы, которые в некоторых случаях могут разделяться негрунтовыми ПФУ (например, из геотекстиля) [69]:

- передний слой (upstream section), не подвергающийся эрозии со стороны пульпы (например, утрамбованный песок, каменная наброска);
- средний слой или ядро (middle section or core), обеспечивающий дренаж дамбы (например, из скального материала);
- задний слой (downstream section), обеспечивающий устойчивость дамбы (например, плотно утрамбованный песок).

По своей конструкции в европейском сборнике НДТ выделяют следующие типы дамб:

- водонепроницаемые (impermeable, water-retention type):
  - обычные (conventional);
  - надстраиваемые (staged);
  - надстраиваемые дамбы с передним ядром (staged with upstream core);

- водопроницаемые (permeable):

- дамбы с малопроницаемым слоем из хвостов (dam with tailings low permeability core);

- дамбы хвостов (dams with tailings in structural zone).

Обычные дамбы состоят исключительно из первичной дамбы и не надстраиваются по мере заполнения хвостохранилища.

Надстраиваемые дамбы состоят как из первичных, так и вторичных дамб. Для возведения вторичных дамб могут применяться прежде обезвоженные хвосты. Как правило, удельная стоимость надстраиваемых дамб (в расчете на единицу объема) ниже, чем для обычных дамб.

Если отстоявшиеся в хранилище хвосты лежат выше уровня воды (т. е. сформирован пляж), то они могут защитить малопроницаемое ядро от эрозии, которое на вторичной дамбе может быть вынесено в переднюю часть дамбы.

Кроме того, если в хвостохранилище формируется пляж, он сам по себе может служить малопроницаемым слоем во вторичной дамбе.

Наконец, хвосты сами по себе могут служить строительным материалом для тела вторичных дамб.

Надстройка вторичных дамб над первичной может осуществляться как в направлении к центру пруда-отстойника (upstream method), так и в направлении от него (downstream method), а также точно над первичной дамбой (centerline method) [64]. Первый способ (upstream) требует минимальных капитальных затрат, но обеспечивает низкую надежность дамбы относительно других способов.

Дренажные устройства

Для противодействия фильтрации жидкой компоненты пульпы и для защиты хвостохранилища от подтопления и заболачивания необходимо строительство дренажных устройств в дамбах. Дренажные устройства в дамбах обычно состоят из отводящего устройства и фильтра (многослойный фильтр обычно носит название обратного фильтра). Отводящие устройства могут быть выполнены в форме трубок, упорных призм, лент и т. д. [78] Обычно хвостохранилища снабжаются бортовыми канавами, в которые поступает сточная жидкость.

Водосбросные устройства

В хвостохранилище необходимо не допускать чрезмерного повышения уровня воды, чтобы не допускать превышения уровня дамбы, повышения давления на дамбу и ее размыва [64]. С другой стороны, нельзя допускать и понижения этого уровня ниже определенной отметки, чтобы не допускать пыления. Для поддержания определенного уровня воды, для отвода из хранилищ поверхностного стока, для частичного или полного опорожнения пруда хранилища, а также для отвода осветленной и предварительно очищенной от химических компонентов воды за пределы хранилища возводятся водосбросные сооружения.

Конструкция водосбросных сооружений должна обеспечить отвод вод с различных отметок горизонта воды в прудке хранилища в связи с непрерывным подъемом гребня плотины или дамб обвалования в процессе эксплуатации.

Отвод поверхностных вод (кроме осадков, выпадающих непосредственно в чащу хранилища) может быть осуществлен следующими способами:

- аккумулированием поверхностного стока в хранилище с последующим сбросом его в ближайшие водоемы (или водотоки) или использованием его в системе оборотного водоснабжения;

- пропуском поверхностного стока в обход хранилища с устройством плотин с обводных и нагорных каналов.

К водосбросным устройствам относятся: коллекторы, тоннели, каналы и водосбросные колодцы.

Наиболее характерны следующие схемы водосбросных устройств на хвостохранилищах:

- вертикальный колодец в центре хвостохранилища, от которого по дну отходит горизонтальный тоннель;

- лотковый водосброс на краю хвостохранилища;

- насос с отводящей трубой, плавающий по поверхности хвостохранилища.

Защита от наводнений

В европейском справочнике по НДТ Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities особое внимание уделяется защите от наводнений. Согласно положениям данного справочника водосбросные устройства хвостохранилища должны быть рассчитаны на высоту максимального вероятного наводнения. Данная высота обычно определяется как отметка воды при максимальном наводнении за период 10 000 лет или как отметка воды, которая получается умножением в 2–3 раза изменения уровня воды при максимальном наводнении за период 200 лет. В качестве грубой эмпирической оценки предлагается для подобного наводнения использовать расход воды, в 2,5 раза превышающий условия половодья [64].

Утилизация воды

Если обогащение угля производится гравитационным способом, пульпа в большинстве случаев не загрязняется химическими соединениями и поэтому осветленная вода из хранилищ может быть возвращена в технологический процесс или сброшена в естественные водоемы.

Если обогащение угля производится с использованием флотации, а также при применении коагулянтов и флокулянтов для оседания твердой фазы в пульпе остаются высокие концентрации загрязняющих веществ. Следовательно, осветленная вода должна пройти химическую очистку. Для этого необходимо возведение водозаборов осветленной воды, насосных станций, водоводов и очистных сооружений.

Эксплуатация хвостохранилищ

Заполнение хвостохранилища предполагает сброс пульпы, которая обычно транспортируется с помощью специальных трубопроводов (пульповодов), в пруд-отстойник. При строительстве хранилищ необходимо предусмотреть одновременное строительство запасных пульповодов, которые включаются на случай ремонта или аварии основного. В редких случаях для транспортировки могут использоваться открытые каналы или автотранспорт [64]. Заполнение по односторонней схеме предполагает сброс пульпы от дамбы к берегам, по кольцевой схеме (данный способ является более предпочтительным [69]) — от периметра дамбы. При сооружении хвостохранилища в основном производят безэстакадный, эстакадный, пионерно-торцевой намывы и их различные разновидности. Пионерно-торцевой намыв используется для складирова-

ния породы в воду, овраги, выемки, а также для создания узкопрофильных сооружений. Пульпа выливается из торца трубопровода, который по мере намыва площадки удлиняется. В зависимости от состава грунта трубопровод располагают на эстакадах или непосредственно на намытом грунте (при подаче песчаного или глинистого грунта в виде кусков и комьев).

Содержание твердых компонентов в хвостохранилищах обычно колеблется в диапазоне от 15 % до 50 %. В процессе сброса пульпы наиболее крупные и тяжелые частицы осаждаются у места выпуска, а в пруд попадают самые мелкие и легкие частицы. Пульпа осаждается в пруде в течение определенного срока. Иногда процесс осаждения ускоряют с помощью специально добавленных реагентов — коагулянтов и флокулянтов.

Обезвоживание пульпы осуществляется за счет дренажа жидкой компоненты, а также за счет испарения. В связи с этим целесообразным является формирование пляжей намыва — участков хвостохранилища, на которых размещается пульпа с низкой влажностью. В некоторых случаях, когда существует риск формирования кислотного стока или пыления, создание пляжей нецелесообразно: вся твердая фракция пульпы должна находиться под слоем воды [64].

Обезвоженные хвосты обогащения могут быть удалены из пруда, после чего они либо захораниваются в отвалах, либо используются как строительный материал. Цикл использования осадочных прудов составляет от одного года до трех лет.

2.3.10.3.3 Отвалы сухих продуктов обогащения

Сухие и обезвоженные продукты обогащения захораниваются в отвалах наподобие тех, что используются для размещения вскрышных пород. Отвалы продуктов обогащения формируются из относительно тонких слоев, их толщина составляет 0,5–4 м. Для транспортировки продуктов обогащения обычно применяется автомобильный или конвейерный транспорт [64]. Каждый слой утрамбовывается как непосредственно автомобильным транспортом, так и специальными катками. Утрамбовывание производится в целях ограничения проникновения атмосферных осадков и кислорода в глубину отвала. Проникновение кислорода грозит возгоранием отвалов, а проникновение осадков — формированием кислотных стоков. Кроме того, избежать кислотных стоков позволяет создание кольцевой дренажной системы вдоль подошвы отвала, которая отводит стоки в специальные пруды.

2.3.10.3.4 Защита от ветровой эрозии отвалов и хранилищ хвостов обогащения [79]

Отвалы и хвостохранилища при высыхании подвержены ветровой эрозии, в результате чего возрастает разрушение откосов и пляжей хвостохранилищ, а также запыленность прилегающей к хранилищу или отвалу территории.

Для предотвращения пыления намыв отходов в хранилище должен производиться ровными слоями по всей площади хранилища с таким расчетом, чтобы обеспечить постоянное смачивание всей намытой площади.

Мероприятия по защите от ветровой эрозии разрабатываются для каждого конкретного хранилища и должны включать в себя ряд основных положений. Для предо-

хранения от эрозии верхового откоса плотины или дамбы хвостохранилища необходимо:

- поддерживать максимальный уровень воды в отстойном пруде при обеспечении одновременно максимальной ширины пляжа, назначенной проектом;
- осуществлять увлажнение пляжа путем дождевания (поливом);
- осуществлять химическое закрепление отходов;
- осуществлять намораживание льда толщиной 3–6 см;
- осуществлять снегоудержание;
- и т. д.

Для предохранения от эрозии низового откоса плотины или дамбы хвостохранилища необходимо:

- покрытие поверхности откоса гравийно-галечниковой смесью, шлаком;
- обеспечивать толщину защитного слоя не менее 0,1 м;
- покрытие поверхности откоса растительным грунтом (слоем не менее 0,1 м), на котором производится посев многолетних трав, посадка кустарников;
- и т. д.

Создание защитного покрытия откоса требует учета особенностей конкретного сооружения (климат района, химико-минералогический состав намытых отходов): осуществляется обработка поверхностного слоя откоса различными химическими соединениями (эмульсии на основе битумов, синтетических полимеров, силикатрастворов), укрытие пленками. Толщина закрепленного слоя поверхности откоса должна составлять 0,5–3,0 см, срок службы — до 2 лет. В отдельных случаях при небольшом объеме крепления возможно применить сплошную одерновку.

Во избежание пыления целесообразно не допускать формирования открытых пляжей на хвостохранилищах.

Для борьбы с ветровой эрозией на отвалах сухих горных пород применяется утрамбовывание и орошение используемых карьерным транспортом дорог. Кроме того, во время сильных порывов ветра транспортировка вскрышных пород и продуктов обогащения может приостанавливаться [64].

Раздел 3. Текущие уровни эмиссии и потребления

3.1 Критерии определения маркерных веществ

При характеристике выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов загрязняющих веществ в водные объекты производится определение маркерных веществ. Для решения этой задачи приняты следующие критерии маркерных веществ:

- вещества наблюдаются в эмиссиях на подавляющем большинстве предприятий (более чем на 80 % предприятий);
- вещества привносятся в окружающую среду в рамках отраслевого технологического процесса;
- вещества не связаны с технологическими процессами общего назначения (сжигание топлива в двигателях внутреннего сгорания и котельных агрегатах).

3.2 Добыча угля подземным способом

3.2.1 Материальный и энергетический баланс

При добыче угля подземным способом необходимы материальные ресурсы (вода) и энергоресурсы (электроэнергия, нефтепродукты и т. д.). В зависимости от технологии производства и используемого оборудования различаются удельные показатели потребления материальных и энергетических ресурсов.

В таблице 18 представлены минимальные и максимальные удельные расходные показатели по 15 предприятиям угольной промышленности, которые указали сведения о потреблении ресурсов в заполненных анкетах. В расчет не включены данные двух анкет, в которых не были указаны объемы производства, необходимые для расчета удельных показателей, а также трех анкет, в которых отсутствуют данные о потреблении материальных и энергетических ресурсов.

Таблица 18 — Расход сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование	Единица измерений	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Электроэнергия	кВт·ч/т	15,6	191,2
Свежая вода	$м^3$/т	0,07	0,7
Топливо	т усл. т./т	0,0001	0,01

3.2.2 Характеристика эмиссий

3.2.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В России и ЕС нет четких методических указаний по определению маркерных веществ. На основании опыта участников ряда ТРГ были сформулированы следующие критерии для определения маркерных веществ в сфере добычи угля:

- вещество оказывает негативное воздействие на окружающую среду;
- вещество характерно исключительно для рассматриваемого технологического процесса;
- вещество присутствует в эмиссиях в значительном количестве и на подавляющем большинстве рассматриваемых предприятий.

В таблице 19 представлены данные по 18 предприятиям угольной промышленности, предоставившим данные о выбросах загрязняющих веществ в анкетах в разбивке по этапам технологического процесса.

Таблица 19 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля подземным способом по этапам технологического процесса

Наименование	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции, г/т
Буровзрывные работы	

Наименование	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции, г/т
Углерода оксид	18,3–1229,1
Серы диоксид	21,0–390,8
Азота диоксид	34,6–321,8
Углерод (сажа)	5,7–318,5
Азота оксид	5,8–52,3
Керосин	0,7–8,5
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	0–0,4
Метилбензол (толуол)	0,1 *
Диметилбензол (ксилол)	0,1 *
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	<0,1 *
Дижелеза триоксид	<0,1 *
Марганец и его соединения	<0,1
Сероводород	<0,1
Фториды газообразные (в пересчете на фтор)	<0,1
Хром (Cr^{6+})	<0,1
Бензапирен	<0,1
Ванадия пятиокись	<0,1 *
Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	<0,1 *
Серная кислота	<0,1 *
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	<0,1 *
Вентиляция и дегазация	
Метан	441,5–65379,1
Углерода оксид	70,3 *
Углерод (сажа)	22,1 *
Серы диоксид	17,1 *
Азота диоксид	14,4 *
Азота оксид	2,3 *
Дижелеза триоксид	0,1 *
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	<0,1 *
Бензапирен	<0,1 *
Марганец и его соединения	<0,1 *
Фториды газообразные (в пересчете на фтор)	<0,1 *
Фтористый водород, растворимые фториды	<0,1 *
Хром (Cr^{6+})	<0,1 *
Транспортировка горной массы	
Азота диоксид	31,9 *

Окончание таблицы 19

Наименование	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции, г/т
Серы диоксид	17,5 *
Углерода оксид	13,3 *
Азота оксид	5,4 *
Керосин	4,0 *
Углерод (сажа)	1,1 *
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	0–4,6
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	<0,1 *
Складирование угля	
Углерода оксид	5,1 *
Керосин	4,6 *
Углерод (сажа)	4,6 *
Серы диоксид	3,5 *
Азота диоксид	2,7 *
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	0,1–8,9
Азота оксид	0,4 *
* Данные представлены по 1 анкете.	

В таблице 20 представлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу по 18 предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах в целом по технологическому этапу. Существенный разброс показателей удельных выбросов загрязняющих веществ связан с различием горно-геологических условий месторождений, а также с используемыми технологиями производства. К основным загрязняющим веществам при подземной добыче угля относятся метан и неорганическая пыль. Эмиссия метана и пыли осуществляется практически на всех стадиях технологического процесса. Учитывая, что образование метана не зависит от применяемой технологии производства, а связано в большей степени с горно-геологическими условиями месторождения, в качестве маркерного вещества следует рассматривать пыль неорганическую.

Контроль содержания маркерных веществ в выбросах на соответствие ПДК осуществляется с периодичностью, определенной условиями КЭР. Рекомендуется проводить замеры выбросов неорганической пыли в контрольных точках на границе санитарно-защитных зон (определяются проектом) в автоматическом режиме по усредненной за сутки пробе. Значение среднесуточной ПДК взвешенных веществ, в которые включается неорганическая пыль, составляет 0,15 мг/м^3, значение максимальной разовой ПДК – 0,5 мг/м^3. [80]

Процесс добычи угля подземным способом сопровождается работой двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и котельного оборудования. С применением этого обору-

дования связана эмиссия ряда загрязняющих веществ (оксидов азота, диоксида серы, сажи и т. д.). Однако эти вещества не учитываются при определении НДТ по ряду причин. Во-первых, эмиссии этих веществ многократно уступают по объемам выбросам пыли и их концентрация в атмосферном воздухе не превышает ПДК. Во-вторых, ДВС и котельные агрегаты являются универсальным оборудованием, которое широко применяется за рамками угольной отрасли и не характеризует производственный процесс. Напротив, неорганическая пыль является продуктом, эмиссия которого непосредственно обусловлена технологическими процессами добычи угля. В-третьих, в большинстве случаев ДВС и котельные агрегаты устанавливаются в наземных сооружениях, а не непосредственно в шахтах. По этим причинам предприятия, осуществляющие подземную добычу угля, не предоставили данные об эмиссиях загрязняющих веществ за исключением метана и неорганической пыли.

3.2.2.2 Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

При добыче угля подземным способом сточные воды подразделяются на попутно-забираемые (шахтные, дренажные), технологические (формируются непосредственно в процессе производственного процесса) и хозяйственно-бытовые (формируются в административно-бытовых корпусах). Формирование загрязненных сточных вод осуществляется практически на всех этапах технологического процесса добычи угля подземным способом.

В заполненных анкетах представлена информация о сбросах 17 загрязняющих веществ [19]. В таблице 21 представлены данные о сбросах загрязняющих веществ в водные объекты по 18 предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. Различие удельных показателей сбросов загрязняющих веществ обусловлено различиями в используемых технологиях производства и горно-геологическими условиями месторождений.

Из 16 загрязняющих веществ, встречающихся в анкетах, в составе сбросов на 16 и более предприятиях из 18 рассмотренных (т. е. более чем на 80 % предприятий) зарегистрированы следующие:

- нефть и нефтепродукты;
- нитраты (нитрат-ионы);
- нитриты (нитрит-ионы);
- сульфат-анион (сульфаты);
- железо;
- хлориды (хлорид-ионы).

Было принято решение не относить к маркерным веществам сульфаты и хлориды, поскольку они не привносятся предприятиями в процессе производственной деятельности и их концентрация в сточных водах в большинстве случаев находится на уровнях, соответствующих фоновым показателям для поверхностных вод. Нитраты и нитриты также не отнесены к маркерным веществам, поскольку привносятся угольной

[19] В таблице также указана информация о БПК и ХПК, которые не являются загрязняющими веществами.

промышленностью в незначительной доле относительно их сбросов другими видами деятельности.

Исходя из описанных выше критериев в качестве веществ, по которым следует устанавливать технологические показатели (маркерных веществ) для оценки сбросов загрязняющих веществ в водные объекты при добыче угля подземным способом, целесообразно принять следующие:

- нефть и нефтепродукты;
- железо;
- взвешенные вещества.

В качестве индикатора негативного воздействия предприятий угольной отрасли на водные ресурсы (сточные воды) дополнительно принят маркерный показатель — кислотность воды (pH). При определении допустимого диапазона кислотности воды учитываются требования к качеству питьевой воды [81], а также требования к качеству сбрасываемой в водные объекты воды, принятые в ряде европейских стран.

Контроль маркерных веществ может производиться в автоматическом режиме или с привлечением лаборатории.

Замеры в автоматическом режиме производятся по усредненной за сутки использования пробоотборных шкафов пробе воды. В автоматическом режиме осуществляется контроль маркерного показателя — кислотности воды (pH).

Контроль соответствия содержания маркерных веществ в сточных водах ПДК в лабораторных условиях осуществляется с периодичностью, определенной условиями КЭР. Используется для маркерных веществ, замеры которых не могут осуществляться в автоматическом режиме в связи с особенностями проведения измерений и отсутствием необходимого оборудования. К таким маркерным веществам относятся:

- нефть и нефтепродукты;
- железо;
- взвешенные вещества.

3.2.2.3 Отходы производства

При подземной добыче угля наибольшие удельные показатели образования отходов приходятся на вмещающие породы. При этом данные отходы являются наименее опасными видами отходов: они относятся к V классу опасности (практически неопасные отходы).

К остальным видам отходов, формирующихся на угольных шахтах, относятся: лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные (относятся к I (наивысшему) классу опасности), аккумуляторы и кислота аккумуляторная (II класс опасности), отходы масел и нефтепродуктов (III класс опасности), а также оргтехника, зола и шлак (образуются при сжигании угля в котельных и при электросварке), отходы систем водоснабжения и водоочистки, резина и пластмассы, коммунальные отходы, металлолом, которые относятся к малоопасным и наименее опасным классам отходов.

Утилизация опасных отходов практически во всех случаях угледобывающими предприятиями не осуществляется, эти отходы передаются для утилизации и захоронения специализированным организациям. Кроме того, эти виды отходов не являются специфичными для угольной отрасли: они формируются во многих других отраслях промышленности и экономической деятельности.

Отходы малоопасного и наименее опасного классов также в большинстве своем не являются специфичными для угольной отрасли. Например, зола и шлак образуются в процессе сжигания твердого топлива в котельных, металлолом — в процессе ремонта оборудования и т. д. В качестве специфичных отходов рассматриваются вмещающие породы.

В таблице 22 представлены данные об образовании отходов по 14 предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. Объемы образования отходов загрязняющих веществ на тонну угля различаются в несколько раз, а нередко на 2–3 порядка, что обусловлено как используемыми технологиями производства, так и горно-геологическими условиями месторождений. В силу одного этого выбор каких-либо видов отходов для установления технологических показателей невозможен.

3.2.2.4 Прочие факторы воздействия

Прочими факторами негативного воздействия на окружающую среду от добычи угля подземным способом являются шум и вибрация. В таблице 23 представлены данные о шумовом и вибрационном воздействии по 15 предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. В данной таблице не указаны средние значения уровня воздействия, поскольку разные предприятия предоставили сведения о шумовом и вибрационном воздействии с разной степенью детализации.

Шумовое воздействие осуществляется многочисленными видами оборудования: буровыми установками, выемочно-погрузочной техникой, транспортными средствами и т. д. Вибрационное воздействие связано с работой комбайнов, буровых установок и другого горношахтного оборудования. Снижение шумового воздействия обеспечивается применением глушителей шума, шумоизоляции, беруш и противошумных наушников, а также путем ограничения времени пребывания в условиях высокого шума. Снижение вибрационного воздействия обеспечивается средствами виброзащиты.

Таблица 20 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля подземным способом

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Метан	г/т	Все этапы технологического процесса	—	441,5–65379,1
Углерода оксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	18,3–1229,1
Азота диоксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	14,5–321,8
Серы диоксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	17,1–390,8
Углерод (сажа)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	5,7–318,5
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20–70 %, а также более 70 %	г/т	Все этапы технологического процесса	Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах. Орошение. Обеспыливающее проветривание. Обработка дорожного полотна. Пылеулавливание. Предотвращение эрозии	0,001–106,0
Азота оксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	2,3–52,3
Керосин	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–8,5
Углеводороды предельные C_1 — C_5 (исключая метан)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–0,1

Продолжение таблицы 20

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–0,4
Сероводород	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	<0,1
Дижелеза триоксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Формальдегид	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Углеводороды предельные C_6 — C_{10}	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Метилбензол (толуол)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Марганец и его соединения	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Фториды газообразные (в пересчете на фтор)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Бензол	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Амилены (смесь изомеров)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Фтористый водород, растворимые фториды	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1

Окончание таблицы 20

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Диметилбензол (ксилол)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Хром (Cr^{6+})	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Этилбензол (стирол)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Бензапирен	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Серная кислота	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Ванадия пятиокись	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
н/д — нет данных. * — данные представлены по 1 анкете.				

Таблица 21 — Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты при добыче угля подземным способом

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Фторид-анион	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	626,5 *
Сульфат-анион (сульфаты)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	4,2–634,7
Хлорид-анион (хлориды)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	2,1–283,3

Продолжение таблицы 21

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Нитрат-анион	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	0–833,7
Взвешенные вещества	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, предварительное отстаивание, флотация, биологическая очистка	3,1–147,0
БПК полн.	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0,3–62,5
Азот аммонийный	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение, сорбция	0,1–3,3
Железо	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0–3,5
Нитрит-анион	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	0–1,7
Нефтепродукты (нефть)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, флотация, фильтрация	0–1,0

Продолжение таблицы 21

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Фосфаты (по фосфору)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	<0,1
Марганец	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0–0,1
АСПАВ (анионные синтетические поверхностно-активные вещества)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Флотация, сорбция	<0,1
Цинк	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1
Никель	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1
КСПАВ	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1
Медь	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1
Фенол, гидроксибензол	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	<0,1
Свинец	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1

Окончание таблицы 21

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
ХПК	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1
* Данные представлены по 1 анкете. н/д — нет данных.					

Таблица 22 — Отходы производства и потребления при добыче угля подземным способом

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в расчете на тонну продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Вмещающие породы	V	кг/т	2,9–307,4	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (для вторичного использования)
Отходы систем водоснабжения и водоочистки	V	г/т	0,1–75654,1	Очистка сточных вод	Передача на утилизацию другой организации для вторичного использования
Зола и шлак	IV–V	г/т	120,7–8477,6	Сжигание угля в котельных агрегатах, электросварка	Передача на утилизацию другой организации
Древесные отходы и бумага	IV–V	г/т	0–1140,7	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (для вторичного использования)

Окончание таблицы 22

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в расчете на тонну продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Металлолом	IV–V	г/т	7,9–2156,1	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для вторичной выплавки металлов)
Коммунальные отходы	IV–V	г/т	12,1–482,6	Мусор офисных и бытовых помещений	Передача сторонней организации на захоронение
Резина и пластмассы	IV–V	г/т	0–200,7	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации
Прочее	III–V	г/т	0–150,6	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки или захоронения на полигонах)
Отходы масел и нефтепродуктов	III	г/т	1,9–48,6	Замена масел при эксплуатации оборудования, транспорта и горно-шахтного оборудования	Передача сторонней организации для вторичного использования
Аккумуляторы и кислота аккумуляторная	II–IV	г/т	0–48,1	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Оргтехника	IV	г/т	0–0,2	Мусор офисных помещений	Передача на утилизацию другой организации
Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные	I	г/т	0–1,1	Замена ламп освещения	Передача на утилизацию другой организации

Таблица 23 — Прочие факторы воздействия

Наименование	Единицы измерений	Уровень воздействия до снижения в расчете на тонну продукции (или постоянный уровень)	Источник воздействия	Метод снижения уровня воздействия
Шум	дБ	0–102	Очистной комбайн, главный конвейер, электропоезд, ленточный конвейер, насосное оборудование, перегружатели, вентиляционные установки, дробилки, сварочное оборудование	Применение средств индивидуальной защиты, защитных средств для органов слуха
Вибрация	дБ	0–135	Проходческий комбайн, буровые станки	Использование противовибрационных защитных средств, средств индивидуальной защиты

3.3 Добыча угля открытым способом

3.3.1 Материальный и энергетический баланс

При добыче угля открытым способом широко используются материальные ресурсы (вода) и энергоресурсы (электроэнергия, нефтепродукты и т. д.).

При подготовке справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 38 предприятий угольной промышленности, осуществляющих добычу угля открытым способом. В девяти из этих 38 анкет данные о потреблении материальных и энергетических ресурсов указаны не были.

Из этих 29 оставшихся предприятий четыре совмещают деятельность по открытой добыче угля с деятельностью по обогащению угля, а еще одно — как деятельностью по обогащению, так и с деятельностью по подземной добыче угля. Из этих пяти предприятий два представили данные в разбивке по данным этапам производства (в том числе предприятие, осуществляющее подземную, открытую добычу и обогащение), оставшиеся три — только в сумме. Тем не менее все эти пять предприятий рассмотрены в данном разделе, поскольку добыча угля требует гораздо больше энергетических ресурсов и свежей воды, чем обогащение (что подтверждается данными заполненных анкет).

Данные по использованию оборотной воды не рассмотрены в данном разделе, поскольку они указаны только четырьмя предприятиями, два из которых совмещают деятельность по добыче и обогащению угля и при этом не предоставили данные по потреблению ресурсов в разбивке по видам деятельности.

Некоторые данные из заполненных анкет по потреблению ресурсов характеризуются определенными дефектами. В некоторых анкетах отсутствуют данные о потреблении тех или иных видов ресурсов. В ряде анкет данные представлены не в той размерности, что была указана в шаблоне таблицы. По этой и ряду других причин 8 наборов значений были отброшены как статистически недостоверные.

Таким образом, данные о потреблении электроэнергии имеются по 22 предприятиям, данные о потреблении топлива — по 21 предприятию, данные о потреблении свежей воды — по 10 предприятиям.

Расход материалов и энергоресурсов на тонну товарного угля и, как следствие, количество выбросов, сбросов и образующихся отходов, зависит как от принятой технологии производства, так и от горно-геологических условий месторождения.

В связи с этим удельные расходные показатели по материалам и энергоресурсам (на тонну угля), потребляемым при добыче угля открытым способом, могут различаться на несколько порядков. В таблице 24 представлены минимальные и максимальные удельные расходные показатели о потреблении ресурсов.

Таблица 24 — Расход сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование	Единицы измерений	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Электроэнергия	кВт·ч/т	0,4	28,4
Свежая вода	$м^3$/т	0,005	0,06

Окончание таблицы 24

Наименование	Единицы измерений	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Топливо	т усл. т./т	0,0002	0,005

3.3.2 Характеристика эмиссий

3.3.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

При составлении справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 38 предприятий угольной промышленности, осуществляющих добычу угля открытым способом. В анкете от двух предприятий из этих 27 не были указаны данные выбросах загрязняющих веществ в атмосферу.

Из оставшихся 36 предприятий три совмещают деятельность по открытой добыче угля с деятельностью по обогащению угля, а еще одно — как с деятельностью по обогащению, так и с деятельностью по подземной добыче угля. При этом в анкетах, поступивших от этих предприятий, данные о выбросах не разбиты по этапам производства. В связи с этим предприятие, осуществляющее подземную, открытую добычу и обогащение, далее не рассматривалось. Напротив, предприятия, осуществляющие открытую добычу угля и его обогащение, учитывались при составлении данного раздела, поскольку при открытой добыче угля формируется гораздо больше выбросов загрязняющих веществ, чем при его обогащении (что подтверждается данными заполненных анкет).

Различные предприятия представили данные о выбросах с разной степенью детализации. Это связано с тем, что основное технологическое оборудование на угольных разрезах является мобильным, а не стационарным, и потому выбросы загрязняющих веществ в большинстве случаев являются неорганизованными. Централизованные системы воздухоочистки на угольных разрезах отсутствуют, очистка воздуха осуществляется установками, действующими в тесной связи с основным технологическим оборудованием (см. 2.2.7.1). Оценка объемов выбросов осуществляется расчетным методом. В связи с этим 13 предприятий указали только данные о сумме выбросов по всему технологическому процессу. Остальные 22 предприятия указали данные о выбросах в разбивке по этапам технологического процесса. Однако пять предприятий из этих 22 указали данные лишь по отдельным этапам технологического процесса.

В связи с этим сначала будут рассмотрены данные о выбросах загрязняющих веществ по технологическому процессу в целом (на основании данных 30 предприятий). Затем будут представлены агрегированные данные о выбросах по отдельным этапам технологического процесса (на основании данных 22 предприятий).

В полученных анкетах были представлены данные по выбросам 43 загрязняющих веществ. Из них пять веществ далее не рассматривались, поскольку они представляют собой подвиды пыли неорганической.

Данные о выбросах 38 загрязняющих веществ в целом по технологическому процессу (на основании данных 30 предприятий) указаны в таблице 25. Удельные выбросы загрязняющих веществ на тонну товарного угля различаются в несколько раз,

что обусловлено как используемыми технологиями производства, так и сильно зависит от горно-геологических условий месторождения.

Данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля открытым способом представлены в таблице 26.

Из 38 загрязняющих веществ только 7 зарегистрированы в выбросах на 20 и более предприятиях из 30 рассмотренных (т. е. как минимум на 2/3 предприятий) — это неорганическая пыль, оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, оксид азота, сажа, керосин.

Из этих веществ только неорганическая пыль формируется непосредственно в ходе технологического процесса. Сажа, керосин и оксиды являются продуктами сгорания двигателей внутреннего сгорания и котельных агрегатов, потому не могут быть отнесены к маркерным веществам (см. 2.2.7.1). Исходя из этих критериев, маркерным веществом при оценке выбросов в атмосферу от добычи угля открытым способом признается пыль неорганическая.

Контроль содержания маркерных веществ в выбросах на соответствие ПДК осуществляется с периодичностью, определенной условиями КЭР. Рекомендуется проводить замеры выбросов неорганической пыли в контрольных точках на границе санитарно-защитных зон (определяются проектом) в автоматическом режиме по усредненной за сутки пробе. Значение среднесуточной ПДК взвешенных веществ, в которые включается неорганическая пыль, составляет 0,15 мг/м^3, значение максимальной разовой ПДК – 0,5 мг/м^3 [80].

Структура выбросов по этапам технологического процесса существенно различается между предприятиями. Доля буровзрывных работ в структуре выбросов может изменяться от 0,001 % до 52 %, выемочно-погрузочных работ — от 0,4 % до 64 %, транспортировки горной массы — от 5 % до 58 %, складирования угля — от 0,3 % до 20 %, складирования отходов — от 4 % до 69 %. Подобные различия связаны с используемыми технологиями. Например, применение гидравлического разрушения горной массы позволяет снизить выбросы на этапе подготовки горных пород, применение железнодорожного транспорта — на этапе транспортировки горной массы и т. д. Однако применение технологий, обеспечивающих низкие выбросы в атмосферу, ограничивается рядом причин: ростом сбросов загрязненных сточных вод (в отношении гидравлического разрушения горной массы), высокими капитальными затратами (в отношении железнодорожного транспорта).

Можно видеть, что пыль неорганическая является основным загрязняющим веществом на 4 из 6 этапах технологического процесса, еще на одном этапе она несколько уступает оксиду углерода. Неорганическая пыль отсутствует в выбросах лишь на этапе водоотлива и водоотвода, где объем эмиссии загрязняющих веществ крайне низок. Это подтверждает выбор неорганической пыли в качестве маркерного вещества.

Таблица 25 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля открытым способом по этапам технологического процесса

Наименование	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции, г/т
Буровзрывные работы	

Продолжение таблицы 25

Наименование	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции, г/т
Углерода оксид	0,6–310,5
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	0–362,2
Азота диоксид	1,1–54,9
Азота оксид	0,2–9,1
Серы диоксид	0,1–50,4
Углерод (сажа)	0–10,3
Керосин	0–5,9
Сероводород	0–1,9
Углеводороды предельные C_1 — C_5 (исключая метан)	<0,1 *
Бензин	<0,1 *
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	0–0,4
Углеводороды предельные C_6 — C_{10}	<0,1 *
Дижелеза триоксид	0–0,2
Формальдегид	0–0,1
Метилбензол (толуол)	<0,1
Диметилбензол (ксилол)	<0,1
Бензол	<0,1 *
Фтористый водород, растворимые фториды	<0,1
Марганец и его соединения	<0,1
Фториды газообразные (в пересчете на фтор)	<0,1
Этилбензол (стирол)	<0,1 *
Хром (Cr^{6+})	<0,1 *
Свинец	<0,1 *
Серная кислота	<0,1 *
Бензапирен	<0,1
Выемочно-погрузочные работы	
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20% — 70 %, а также более 70 %	0,2–163,8
Углерода оксид	0,3–10,5
Азота диоксид	0,2–8,4
Керосин	0,1–11,4
Углерод (сажа)	0–2,2
Серы диоксид	0–2,6
Азота оксид	0–1,4
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	0,2 *
Сероводород	<0,1 *
Транспортировка горной массы	
Азота диоксид	55,2–412,4

Окончание таблицы 25

Наименование	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции, г/т
Углерода оксид	34,2–167
Азота оксид	67 *
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20% — 70 %, а также более 70 %	2,1–179,8
Серы диоксид	2–114,3
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	22,5 *
Керосин	5,5–34,1
Углерод (сажа)	1,8–15,9
Складирование угля	
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20% — 70 %, а также более 70 %	0,4–60,3
Углерода оксид	11,9 *
Керосин	10,4 *
Азота диоксид	8,1 *
Серы диоксид	6 *
Углерод (сажа)	2,3 *
Азота оксид	1,3 *
Складирование отходов производства	
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	0,2–318,9
Углерода оксид	0,2–14
Керосин	0,1–15,2
Азота диоксид	0–8
Углерод (сажа)	0–3,1
Серы диоксид	0–3,1
Азота оксид	0–1,8
Водоотлив и водоотвод	
Метан	<0,1 *
Аммиак	<0,1 *
Азота диоксид	<0,1 *
Азота оксид	<0,1 *
Сероводород	<0,1 *
Формальдегид	<0,1 *
* Диапазон значений отсутствует, так как данные представлены по 1 анкете.	

3.3.2.2 Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

В процессе добычи угля открытым способом, формируются два типа сточных вод: карьерные (формируются непосредственно на этапах производственного процесса) и хозяйственно-бытовые (формируются в административно-бытовых корпусах).

Формирование загрязненных сточных вод осуществляется практически на всех этапах технологического процесса добычи угля открытым способом. Очистка загрязненных сточных вод осуществляется на центральных очистных сооружениях (см. 2.2.7.2).

При составлении справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 38 предприятий угольной промышленности, осуществляющих добычу угля открытым способом. В анкете от четырех предприятий из этих 38 не были указаны данные о сбросах загрязняющих веществ в водные объекты.

Из оставшихся 34 предприятий семь совмещают деятельность по открытой добыче угля с деятельностью по обогащению угля, а еще одно — как с деятельностью по обогащению, так и с деятельностью по подземной добыче угля. При этом в анкетах, поступивших от этих предприятий, данные о сбросах не разбиты по этапам производства. В связи с этим предприятие, осуществляющее подземную добычу, открытую добычу и обогащение, далее не рассматривалось. Напротив, предприятия, осуществляющие открытую добычу угля и его обогащение, учитывались при составлении данного раздела, поскольку при открытой добыче угля формируется гораздо больше сбросов загрязняющих веществ, чем при его обогащении (что подтверждается данными заполненных анкет). Таким образом, рассматривались данные о сбросах с 33 предприятий.

Данные о сбросах представлены в анкетах с детализацией по водосбросам. Количество водосбросов на угольных разрезах варьируется от одного до пяти. На большинстве предприятий водосбросы являются универсальными: через них проходят стоки как от карьера (карьерные, ливневые, талевые, производственные), так и от хозяйственно-бытовых построек. Лишь на четырех предприятиях стоки от карьера и от хозяйственно-бытовых построек разнесены по разным водосбросам. Химический состав стоков от карьеров и от хозяйственно-бытовых построек практически не различается: подавляющее большинство массы загрязняющих веществ приходится на сульфаты, хлориды и нитраты. Масса загрязняющих веществ в сточных водах от хозяйственно-бытовых построек составляет лишь 0,7 % — 5,9 % от суммарной массы загрязняющих веществ по предприятию.

Хотя формирование загрязненных сточных вод осуществляется практически на всех этапах технологического процесса, оценить объем формирования загрязняющих веществ по этим этапам не представляется возможным. Учет и очистка загрязненных сточных вод осуществляется на центральных очистных сооружениях, установленных на выходе с водосбросов (см. 2.2.7.2). Оценка объемов сбросов осуществляется расчетным методом. В связи с этим рассмотрены данные о сбросах загрязняющих веществ исключительно по технологическому процессу в целом (на основании данных 23 предприятий).

В полученных анкетах были представлены данные по сбросам 29 загрязняющих веществ (см. таблицу 27). Удельные сбросы загрязняющих веществ на тонну товарного угля различаются в несколько раз, что обусловлено как используемыми технологиями производства, так и сильно зависит от горно-геологических условий месторождения.

Из 29 загрязняющих веществ только 6 зарегистрировано в сбросах на 28 и более предприятиях из 33 рассмотренных (т. е. более чем на 80 % предприятий):

- нефть и нефтепродукты;
- сульфат-анион (сульфаты);
- железо;
- нитраты (нитрат-ионы);
- нитриты (нитрит-ионы);
- хлориды (хлорид-ионы).

Было принято решение не относить к маркерным веществам сульфаты и хлориды, поскольку они не привносятся предприятиями в процессе производственной деятельности и их концентрация в сточных водах в большинстве случаев находится на уровнях, характерных для поверхностных вод. Нитраты и нитриты также не отнесены к маркерным веществам, поскольку привносятся угольной промышленностью в незначительной доле относительно их сбросов другими видами деятельности.

Исходя из описанных выше критериев, маркерными веществами при оценке сбросов в водные объекты от добычи угля открытым способом признаются:

- взвешенные вещества;
- железо;
- нефть и нефтепродукты.

В качестве индикатора негативного воздействия предприятий угольной отрасли на водные ресурсы (сточные воды) дополнительно принят маркерный показатель — кислотность воды (pH). определении допустимого диапазона кислотности воды учитываются требования к качеству питьевой воды [81], а также требования к качеству сбрасываемой в водные объекты воды, принятые в ряде европейских стран.

Контроль маркерных веществ может производиться в автоматическом режиме или с привлечением лаборатории.

Замеры в автоматическом режиме производятся по усредненной за сутки использования пробоотборных шкафов пробе воды. В автоматическом режиме осуществляется контроль маркерного показателя — кислотности воды (pH).

Контроль соответствия содержания маркерных веществ в сточных водах ПДК в лабораторных условиях осуществляется с периодичностью, определенной условиями КЭР. Используется для маркерных веществ, замеры которых не могут осуществляться в автоматическом режиме в связи с особенностями проведения измерений и отсутствием необходимого оборудования. К таким маркерным веществам относятся:

- нефть и нефтепродукты;
- железо;
- взвешенные вещества.

3.3.2.3 Отходы производства

При открытой добыче угля наибольшие удельные показатели образования отходов приходятся на вскрышные породы. При этом данные отходы являются наименее опасными видами отходов: они относятся к V классу опасности (практически неопасные отходы).

К остальным видам отходов, формирующихся на угольных разрезах, относятся: лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные (относятся к I (наивысшему) клас-

су опасности), аккумуляторы и кислота аккумуляторная (II класс опасности), отходы масел и нефтепродуктов (III класс опасности), а также зола и шлак (образуются при сжигании угля в котельных и при электросварке), отходы систем водоснабжения и водоочистки, резина и пластмассы, оргтехника, коммунальные отходы и металлолом, которые относятся к малоопасным и наименее опасным классам отходов.

Отходы малоопасного и наименее опасного классов также в большинстве своем не являются специфичными для угольной отрасли. Например, зола и шлак образуются в процессе сжигания твердого топлива в котельных, металлолом — в процессе ремонта оборудования и т. д. Следовательно, в контексте определения НДТ, в качестве маркерных веществ целесообразно рассматривать лишь специфичные отходы, представленные вскрышными породами.

При составлении справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 38 предприятий угольной промышленности, осуществляющих добычу угля открытым способом.

Из 38 предприятий девять совмещают деятельность по открытой добыче угля с деятельностью по обогащению угля, а еще одно — как с деятельностью по обогащению, так и с деятельностью по подземной добыче угля. При этом в анкетах, поступивших от этих предприятий, данные о выбросах не разбиты по этапам производства. В связи с этим предприятие, осуществляющее подземную, открытую добычу и обогащение, далее не рассматривалось. Напротив, предприятия, осуществляющие открытую добычу угля и его обогащение, учитывались при составлении данного раздела, поскольку при открытой добыче угля формируется гораздо больше отходов, чем при его обогащении (что подтверждается данными заполненных анкет). Однако такой вид отходов, как хвосты обогащения, не рассматривался в данном разделе.

В таблице ниже (см. таблицу 27) представлены данные об образовании отходов по 37 предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. Объемы образования отходов загрязняющих веществ на тонну товарного угля различаются в несколько раз, что обусловлено как используемыми технологиями производства, так и горно-геологическими условиями месторождений. По данным 37 предприятий около 46 % вскрышных пород и прочих пустых пород используется для закладки выработанного пространства и выполнения технологических работ. Данные по отходам производства и потребления при добыче угля открытым способом представлены в таблице 28.

Специфичным для угольной отрасли является лишь один тип отходов — вскрышные и прочие пустые породы (см. 2.2.7.3). Именно этот тип отходов целесообразно признать маркерным веществом для открытой добычи угля.

3.3.2.4 Прочие факторы воздействия

Прочими факторами негативного воздействия на окружающую среду от добычи угля открытым способом являются шум и вибрация. В таблице ниже (см. таблицу 29) представлены данные о шумовом и вибрационном воздействии по 29 предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. В данной таблице не указаны средние значения уровня воздействия, поскольку разные предприятия предоставили сведения о шумовом и вибрационном воздействии с разной степенью детализации.

Шумовое воздействие осуществляется многочисленными видами оборудования: буровыми установками, выемочно-погрузочной техникой, транспортными средствами, насосами и т. д. Вибрационное воздействие осуществляется, главным образом, бульдозерами, экскаваторами и погрузчиками.

Снижение шумового воздействия обеспечивается применением глушителей шума, звукоизолирующих кожухов и конструкций, шумоизолирующих материалов, средств индивидуальной защиты (беруш и противошумных наушников), удалением шумящих агрегатов от мест скопления людей, путем соблюдения рационального режима работы и с помощью регулярного проведения технического осмотра и ремонта оборудования.

Снижение вибрационного воздействия обеспечивается средствами виброзащиты, путем устранения вибрации на вращающихся частях оборудования и с помощью регулярного проведения технического осмотра и ремонта оборудования.

Таблица 26 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля открытым способом

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	г/т	Все этапы технологического процесса	Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах: Орошение; Обеспыливающее проветривание; Обработка дорожного полотна; Пылеулавливание; Предотвращение эрозии	14,5–897,0
Углерода оксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	0,6–683,8
Азота диоксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	1,1–478,2
Серы диоксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	0–143,3
Углерод (сажа)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–460
Керосин	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–74,7
Азота оксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	0,2–162,5

Продолжение таблицы 26

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Углеводороды предельные C_{12} — C_{19}	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–22,5
Метан	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–0,5
Сероводород	г/т	ДВС, котельные агрегаты, взрывные работы	—	0–1,9
Углеводороды предельные C_1 — C_5 (исключая метан)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–0,3
Дижелеза триоксид	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–3,6
Аммиак	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–0
Формальдегид	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–2,2
Бензин (нефтяной, малосернистый — в пересчете на углерод)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	0–0,2
Углеводороды предельные C_6 — C_{10}	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Фенол	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *

Продолжение таблицы 26

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Бензин (нефтяной, малосернистый — в пересчете на углерод)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Метилбензол (толуол)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Марганец и его соединения	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Бензол	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Фтористый водород, растворимые фториды	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Водород хлористый	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *
Амилены (смесь изомеров)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Фториды газообразные (в пересчете на фтор)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Карбонат натрия	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *
Диметилбензол (ксилол)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Пентилены (амилены)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1

Окончание таблицы 26

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Хром (Cr^{6+})	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Смесь природных меркаптанов	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *
Этилбензол (стирол)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Масло минеральное нефтяное	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *
Ванадия пятиокись	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *
Серная кислота	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Бензапирен	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Эмульсол	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1
Олова оксид (в пересчете на олово)	г/т	ДВС, котельные агрегаты	—	<0,1 *

* Данные предоставлены по 1 анкете.
н/д — нет данных.
Прочерк — отсутствие явления.

Таблица 27 — Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты при добыче угля открытым способом

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Сульфат-анион (сульфаты)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0,2–634,6
Сульфиды	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	34,8 *
Взвешенные вещества	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, предварительное отстаивание, флотация, биологическая очистка	0–429,9
Кальций	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	28,4 *
Хлорид-анион (хлориды)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0–521,5
Нитрат-анион	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	0–713,3
ХПК	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0,1–447,6
Магний	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	16,9 *
Нитрит-анион	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	0–85
БПК полн.	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0–92,6

Продолжение таблицы 27

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Стронций	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	1,9 *
Азот аммонийный	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение, сорбция	0–8,4
Фторид-анион	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0,6–13,3
Железо	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0–38,4
Никель	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0–1,6
Марганец	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0–3,4
Фенол, гидроксибензол	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	0–0,7
Медь	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0–0,6
Барий	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1 *
Нефтепродукты (нефть)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, флотация, фильтрация	0–1,1
Цинк	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0–1

Окончание таблицы 27

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Алюминий	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	0–0,1
АСПАВ (анионные синтетические поверхностно-активные вещества)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Флотация, сорбция	<0,1
Фосфаты (по фосфору)	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Биологическая очистка, химическое осаждение	<0,1
Литий	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1 *
Алкилсульфонаты	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1
Хром	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1 *
Молибден	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1 *
Кадмий	г/т	Все этапы технологического процесса	В водный объект	н/д	<0,1 *

* Данные предоставлены по 1 анкете.
н/д — нет данных.

Таблица 28 — Отходы производства и потребления при добыче угля открытым способом

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в расчете на выпуск продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Вскрышные породы и отходы добычи угля	IV–V	т/т	1,9–34,4	Все этапы технологического процесса	Закладка выработанного пространства, строительство технологических дорог
Металлолом	IV–V	г/т	0,2–1789	Ремонт оборудования	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для вторичной выплавки металлов)
Зола и шлак	III–V	г/т	0,2–1167,9	Сжигание угля в котельных агрегатах, электросварка	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для производства стройматериалов)
Коммунальные отходы	IV–V	г/т	0,3–3004,7	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для размещения на полигонах)
Отработанные шины	IV	г/т	0,9–205,9	Транспортировка горной массы автомобильным транспортом	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для вторичного производства шин)
Отходы масел и нефтепродуктов	III–IV	г/т	1,1–106,4	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Сжигание Вторичное использование на предприятии Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Древесные отходы и бумага	IV–V	г/т	0,1–63,1	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Сжигание Передача на утилизацию другой организации

Окончание таблицы 28

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в расчете на выпуск продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Отходы систем водоснабжения и водоочистки	III–V	г/т	0,1–121,7	Очистка сточных вод	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для обезвоживания и переработки)
Оргтехника	IV–V	г/т	0–85,7	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Аккумуляторы и кислота аккумуляторная	II–V	г/т	0–4,6	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Резина и пластмассы	IV–V	г/т	0–5,5	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные	I	г/т	0–0,5	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Прочее	III–V	г/т	0,7–133,3	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки или захоронения)

Таблица 29 — Прочие факторы воздействия

Наименование	Единицы измерений	Уровень воздействия до снижения (постоянный уровень)	Источник воздействия	Метод снижения уровня воздействия
Шум	дБ	<109	Автосамосвалы, буровые установки, тракторы, погрузчики, грейдеры, бульдозеры, экскаваторы, насосы, вспомогательное оборудование (молоты, передвижные электростанции, станки и т. д.)	Соблюдение рационального режима работы, ограничение времени пребывания в условиях высокого шума Использование средств индивидуальной защиты (беруш и противошумных наушников) Шумоизоляция дверей и кабин оборудования Использование глушителей шума, звукоизолирующих кожухов и конструкций Удаление шумящих агрегатов от мест скопления людей Проведение технического осмотра и ремонта оборудования
Вибрация	дБ	<132	Бульдозеры, экскаваторы, погрузчики, вспомогательное оборудование (пресс-молоты, краны)	Устранение вибрации на вращающихся частях оборудования Средства виброзащиты (войлочные антивибрационные коврики, виброрукавицы) Проведение технического осмотра и ремонта оборудования

3.4 Обогащение угля

Текущие уровни выбросов и потребления представлены по данным анкет 22 предприятий, на которых осуществляется обогащение угля. Из них в двух анкетах не была указана фактическая мощность предприятия по обогащению, необходимая для расчета удельных показателей загрязняющих веществ и потребления сырья, материалов и энергоресурсов.

3.4.1 Материальный и энергетический баланс

При обогащении угля любым способом, используются энергоресурсы (электроэнергия, нефтепродукты и т. д.). При обогащении угля самым распространенным способом — гравитационным мокрым — используется вода. Большая часть воды, используемой при обогащении угля мокрым гравитационным способом, циркулирует по замкнутой схеме с возвратом в технологический процесс. В связи с этим забор свежей воды на обогащение угля удается сократить в несколько раз. Кроме того, при обогащении зачастую применяются различные материалы — технические жидкости, магнетит, флокулянты, коагулянты и т. д.

Расход материалов и энергоресурсов на тонну угольного концентрата и, как следствие, количество выбросов, сбросов и образующихся отходов зависит не только от принципиальной технологической схемы производства, но и от сложности обогащения углей. В связи с этим удельные расходные показатели по материалам и энергоресурсам (на тонну угольного концентрата), потребляемые при обогащении угля, могут различаться в несколько раз.

При составлении справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 22 предприятий угольной промышленности, осуществляющих обогащение угля. В 10 анкетах из них отсутствовали данные о расходе энергии и ресурсов по процессу обогащения угля. По этой причине расчет показателей потребления энергии и ресурсов производился по данным 12 заполненных предприятиями анкет. При этом данные по потреблению пара, свежей и оборотной воды, а также топлива были указаны менее чем в 12 анкетах (от 3 до 8 анкет).

В таблице ниже (см. таблицу 30) представлены минимальные и максимальные удельные расходные показатели по 3–12 обогатительным фабрикам, которые указали сведения о потреблении ресурсов в заполненных анкетах.

Таблица 30 — Расход сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование	Единицы измерений	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Электроэнергия	кВт·ч/т	3,2	19,3
Свежая вода	$м^3$/т	0,001	0,2
Оборотная вода	$м^3$/т	0,2	6,8
Потребление топлива (твердого)	т у. т./т	0,001	0,02
Потребление пара	Гкал/т	0,002	16

3.4.2 Характеристика эмиссий

3.4.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В России и ЕС нет четких методических указаний по определению маркерных веществ. На основании опыта участников ряда других ТРГ были сформулированы следующие критерии для определения маркерных веществ в сфере обогащения угля:

- вещество оказывает негативное воздействие на окружающую среду;
- вещество характерно исключительно для рассматриваемого технологического процесса;
- вещество присутствует в эмиссиях в значительном количестве и на подавляющем большинстве рассматриваемых предприятий.

При составлении справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 22 предприятий угольной промышленности, осуществляющих обогащение угля. Из них 14 предприятий совмещают деятельность по добыче угля с его обогащением. Из числа этих 14 предприятий только восемь представили данные в разбивке по этапам технологического процесса (обогащение, добыча подземным способом, добыча открытым способом). В связи с этим остальные шесть предприятий не учитывались в дальнейших расчетах. Из оставшихся 16 предприятий одно не предоставило данные по выбросам, а еще одно — по мощности производства. По этой причине расчет показателей потребления энергии и ресурсов производился по данным 14 заполненных предприятиями анкет.

В таблице ниже (см. таблицу 31) представлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу. Удельные выбросы загрязняющих веществ на тонну товарного угля различаются в несколько раз, что обусловлено как разницей в части принципиальной технологической схемы фабрики, так и различной обогатимостью используемого угля.

Помимо данных анкет, была получена информация о выбросах неорганической пыли на двух фабриках, осуществляющих термическую сушку угля. На данных фабриках удельный показатель выбросов пыли составляет до 216,0 г/т. На фабриках, не осуществляющих термическую сушку угля, этот показатель составляет не более 35,0 г/т. Подобные различия позволяют выделить два различных диапазона по удельным выбросам пыли: до 35,0 г/т для предприятий, не применяющих термическую сушку угля и до 216,0 г/т для предприятий, осуществляющих такую сушку.

Основным веществом, которое выбрасывается в атмосферу при обогащении угля, является неорганическая пыль. Эмиссия пыли осуществляется на многих стадиях технологического процесса (обезвоживание, сушка, брикетирование, сухое обогащение, отгрузка угля).

Кроме того, процесс обогащения угля сопровождается работой двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и котельного оборудования. Работа этого оборудования связана с эмиссией ряда загрязняющих веществ (оксидов азота, диоксида серы, сажи и т. д.). Однако эти вещества не учитываются при определении НДТ по ряду причин. Во-первых, эмиссии многократно уступают по объемам выбросам пыли. Во-вторых, ДВС и котельные агрегаты являются универсальным оборудованием, которое широко применяется и за рамками угольной отрасли и не характеризует производственный процесс. Напротив, неорганическая пыль является продуктом, эмиссия которого непо-

средственно обусловлена технологическими процессами обогащения угля. По этим причинам в качестве единственного маркерного вещества, при оценке выбросов в атмосферу при обогащении угля, признается пыль неорганическая.

Контроль содержания маркерных веществ в выбросах на соответствие ПДК осуществляется с периодичностью, определенной условиями КЭР. Рекомендуется проводить замеры выбросов неорганической пыли в контрольных точках на границе санитарно-защитных зон (определяются проектом) в автоматическом режиме по усредненной за сутки пробе. Значение среднесуточной ПДК взвешенных веществ, в которые включается неорганическая пыль, составляет 0,15 мг/м^3, значение максимальной разовой ПДК – 0,5 мг/м^3 [80].

3.4.2.2 Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

В процессе обогащения угля мокрым гравитационным способом формируются значительные объемы загрязненных вод, но большая их часть возвращается в технологический процесс после осветления. Меньшая их часть направляется на очистку на центральные очистные сооружения. Сведения по сточным водам, подвергающимся очистке и последующему сбросу в водные объекты, были предоставлены в анкете одного предприятия. В пяти анкетах указано, что предприятия не имеют сбросов, так как не используются водные ресурсы или применяется технология замкнутого водного цикла.

Наиболее распространенные технологии обогащения угля (мокрый гравитационный способ, флотация) предполагают попадание в сточные воды частиц пустой породы, железа (магнетита) и различных реагентов (нефтепродуктов, масел и т. д.). В связи с этим предлагается отнести к маркерным веществам:

- взвешенные вещества;
- нефтепродукты;
- железо.

В качестве индикатора негативного воздействия предприятий угольной отрасли на водные ресурсы (сточные воды) дополнительно принят маркерный показатель — кислотность воды (pH).

Контроль маркерных веществ может производиться в автоматическом режиме или с привлечением лаборатории.

Замеры в автоматическом режиме производятся по усредненной за сутки использования пробоотборных шкафов пробе воды. В автоматическом режиме осуществляется контроль маркерного показателя — кислотности воды (pH).

Контроль соответствия содержания маркерных веществ в сточных водах ПДК в лабораторных условиях осуществляется с периодичностью, определенной условиями КЭР. Используется для маркерных веществ, замеры которых не могут осуществляться в автоматическом режиме в связи с особенностями проведения измерений и отсутствием необходимого оборудования. К таким маркерным веществам относятся:

- нефть и нефтепродукты;
- железо;
- взвешенные вещества.

3.4.2.3 Отходы производства

При составлении справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 22 предприятий угольной промышленности, осуществляющих обогащение угля. Из них 14 предприятий совмещают деятельность по добыче угля с его обогащением. Из числа этих 14 предприятий только десять представили данные в разбивке по этапам технологического процесса (обогащение, добыча подземным способом, добыча открытым способом). В связи с этим остальные четыре предприятия не учитывались в дальнейших расчетах. По этой причине расчет показателей потребления энергии и ресурсов производился по данным 18 заполненных предприятиями анкет.

В таблице ниже (см. таблицу 32) представлены данные об образовании отходов по углеобогатительным фабрикам, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. Объемы образования отходов загрязняющих веществ на тонну угольного концентрата различаются в несколько раз, что обусловлено как принципиальной технологической схемой, так и сложностью обогащения угля. По данным анкет пустая порода используется для закладки выработанного пространства, отсыпки промышленных площадок и автодорог.

3.4.2.4 Прочие факторы воздействия

Прочими факторами негативного воздействия на окружающую среду при обогащении угля являются шум и вибрация. В таблице ниже (см. таблицу 33) представлены данные о шумовом и вибрационном воздействии по семи обогатительным фабрикам, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах. В данной таблице не указаны средние значения уровня воздействия, поскольку разные предприятия предоставили сведения о шумовом и вибрационном воздействии с разной степенью детализации.

Шумовое и вибрационное воздействие осуществляется многочисленными видами оборудования: дробильно-сортировочным, транспортным и обезвоживающим оборудованием, а также непосредственно обогатительными агрегатами.

Снижение шумового воздействия обеспечивается применением шумозащитных конструкций, средств индивидуальной защиты, принудительной смазкой поверхностей, своевременным проведением ремонта, а также расположением шумящих агрегатов в отдельных зданиях. Снижение вибрационного воздействия обеспечивается индивидуальными средствами виброзащиты, а также путем рациональной организации труда в течение смены.

Таблица 31 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при обогащении угля

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % — 70 %, а также более 70 %	г/т	Все этапы технологического процесса	Пылеулавливание	0,6–35,0 (до 216,0 для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля)
Метан	г/т	Все этапы технологического процесса	—	5,1 *
Азота диоксид	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0–28
Серы диоксид	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0,1–15,8
Углерода оксид	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0–16,5
Керосин	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0–10,6
Азота оксид	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0–4,1
Углерод (сажа)	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0–2,3
Дижелеза триоксид	г/т	Все этапы технологического процесса	—	0–0,1
Формальдегид	г/т	Все этапы технологического процесса	—	<0,1
Марганец и его соединения	г/т	Все этапы технологического процесса	—	<0,1
Фтористый водород	г/т	Все этапы технологического процесса	—	<0,1
Фториды газообразные (гидрофторид, кремний тетрафторид — в пересчете на фтор)	г/т	Все этапы технологического процесса	—	<0,1 *
Хром (Cr^{6+})	г/т	Все этапы технологического процесса	—	<0,1
Бензапирен	г/т	Все этапы технологического процесса	—	<0,1

Окончание таблицы 31

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Объем и/или масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
* Данные представлены по 1 анкете. н/д — нет данных.				

Таблица 32 — Отходы производства и потребления при обогащении угля

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в выпуск на тонну продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Пустая порода (в т. ч. отходы обогащения)	V	т/т	0,1–0,6	Все этапы технологического процесса	Закладка выработанного пространства, отсыпка промышленных площадок и автодорог
Зола и шлак	IV–V	г/т	0,9–1297,3	Сжигание угля в котельных агрегатах, электросварка	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для производства стройматериалов)
Металлолом	III–V	г/т	5,5–95,3	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для вторичной выплавки металлов)
Коммунальные отходы	IV–V	г/т	0,2–48,9	Мусор офисных и бытовых помещений	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для размещения на полигонах твердых коммунальных отходов)

Продолжение таблицы 32

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в выпуск на тонну продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Отходы систем водоснабжения и водоочистки	V	г/т	0–13,8	Очистка сточных вод	Передача на утилизацию другой организации для вторичного использования
Резина и пластмассы	IV–V	г/т	0–8,4	Различные этапы технологического процесса	Вторичное использование на предприятии Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Отходы масел и нефтепродуктов	III	г/т	0,3–2,1	Замена масел при эксплуатации оборудования	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Древесные отходы и бумага	IV–V	г/т	0,1–1,3	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации
Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминисцентные	I	г/т	0–0,2	Замена ламп освещения	Передача на утилизацию другой организации
Оргтехника	IV–V	г/т	<0,1	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации
Аккумуляторы и кислота аккумуляторная	II	г/т	<0,1	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)

Окончание таблицы 32

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	Объем и/или масса образования отходов до очистки в выпуск на тонну продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Прочее	III–V	г/т	0–7,6	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки или захоронения на полигонах)

Таблица 33 — Прочие факторы воздействия

Наименование	Единицы измерений	Уровень воздействия до снижения в расчете на тонну продукции (или постоянный уровень)	Источник воздействия	Метод снижения уровня воздействия
Шум	дБ	0–105	Дробилки, грохоты, конвейеры, питатели, бульдозеры, транспортные средства, сепараторы, гидроциклоны, центрифуги, фильтр-прессы	Своевременное проведение ремонта оборудования Принудительная смазка трущихся поверхностей Применение средств индивидуальной защиты Применение шумозащитных конструкций Расположение шумящих агрегатов в отдельных зданиях
Вибрация	дБ	0–126	Дробилки, грохоты, сепараторы, гидроциклоны, центрифуги, фильтр-прессы	Рациональная организация труда в течение смены Применение обуви на массивной резиновой подошве

Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий

Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» были установлены основные критерии НДТ, которым должна соответствовать рассматриваемая технология:

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;
- экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период внедрения;
- промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Определение НДТ в открытой добыче угля осложняется тем, что выбросы и сбросы фиксируются лишь на «выходе» из производственного процесса, а на отдельных стадиях (подэтапах) производственного процесса учет выбросов и сбросов не ведется. Поэтому невозможно разграничить объем выбросов и сбросов между отдельными стадиями (подэтапами) производственного процесса.

Это создает определенные сложности для определения НДТ. По этой причине в заполненных представителями предприятий анкетах отсутствуют данные о:

- негативном воздействии на окружающую среду в разбивке по стадиям (подэтапам) производственного процесса или применяемым технологиям (оборудовании);
- эксплуатационных и капитальных затратах на внедрение определенной технологии (оборудования);
- периоде внедрения определенной технологии (оборудования).

Таким образом, в распоряжении имеется лишь следующая количественная информация, пригодная для определения НДТ:

- количество предприятий, на которых осуществлено промышленное внедрение технологии (оборудования);
- количество предприятий, на которых осуществляется применение тех или иных ресурсо- и энергосберегающих методов, а также методов, направленных на ограничение негативного воздействия на окружающую среду.

По этой причине отнесение технологии к НДТ или перспективным технологиям основывается преимущественно на качественных критериях. При разработке настоящего справочника использовались следующие критерии определения НДТ и перспективных технологий.

В качестве основы для определения НДТ использовался перечень наилучших доступных и перспективных технологий, опубликованный в ИТС 16 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы». Из 81 технологии, упомянутой в ИТС 16, часть не была внесена в настоящий сборник. В частности, были исключены

общие технологии, не отражающие специфику угольной отрасли (например, «автоматизация производства», «повышение квалификации персонала»). Также были исключены технологии, характерные для стадий строительства и геологоразведочных работ (например, «выполнение оценки воздействия на окружающую среду»). В справочник НДТ были внесены природоохранные технологии, не получившие отражения в ИТС 16. Для внесения в настоящий справочник НДТ была выделена 41 технология.

Первым критерием определения НДТ является уровень негативного воздействия на окружающую среду. К НДТ и перспективным технологиям могут быть отнесены лишь те технологии, которые характеризуются минимальным уровнем негативного воздействия на окружающую среду по сравнению с альтернативными технологиями.

Вторым критерием определения НДТ является экономическая доступность технологии (или промышленное внедрение технологии). В случае если экономическая доступность технологии высока в сравнении с альтернативными (т. е. расходы, связанные с ее внедрением и использованием, относительно низки), то она может быть отнесена к НДТ. Если эта доступность низка, то технология может быть отнесена лишь к перспективным. При отсутствии стоимостных данных, характеризующих технологию, экономическую доступность технологии можно косвенно оценить с помощью альтернативного критерия — промышленного внедрения технологии. Согласно этому критерию технология может быть отнесена к НДТ, если ее промышленное использование осуществлено, как минимум, на двух предприятиях отрасли. В случае, если это условие не выполняется, то технология должна быть отнесена к перспективным. Использование этого альтернативного критерия связано с тем, что технологии, внедрение и эксплуатация которых оказывается чрезмерно дорогостоящей, не применяются на двух и более предприятиях в стране.

Третьим критерием определения НДТ является применение ресурсо- и энергосберегающих методов. К НДТ могут быть отнесены лишь те технологии, которые характеризуются минимальным удельным расходом ресурсов и энергии на единицу продукции по сравнению с альтернативными технологиями. Технологии с низким уровнем негативного воздействия на окружающую среду, но с низкой экономической доступностью или высоким удельным расходом ресурсов и энергии на единицу продукции могут быть отнесены к перспективным технологиям, если в перспективе, по мере их развития, ожидается снижение удельных расходов ресурсов и энергии. Если же такое снижение не ожидается в обозримой перспективе, то технология не должна быть отнесена ни к НДТ, ни к перспективным.

Предварительный перечень наилучших доступных и перспективных технологий в добыче и обогащении угля представлена в таблице 34.

В графической форме применяемая методика классификации технологий показана на рисунке ниже (см. рисунок 9).

При классификации технологий должны выполняться следующие условия:

- области применения технологий должны быть четко обозначены;

- при сравнении технологий по ресурсо- и энергопотреблению должна быть проведена фильтрация статистических выбросов (сочетаний предприятий и технологий с аномально высоким или низким значением удельного ресурсо- или энергопотребления).

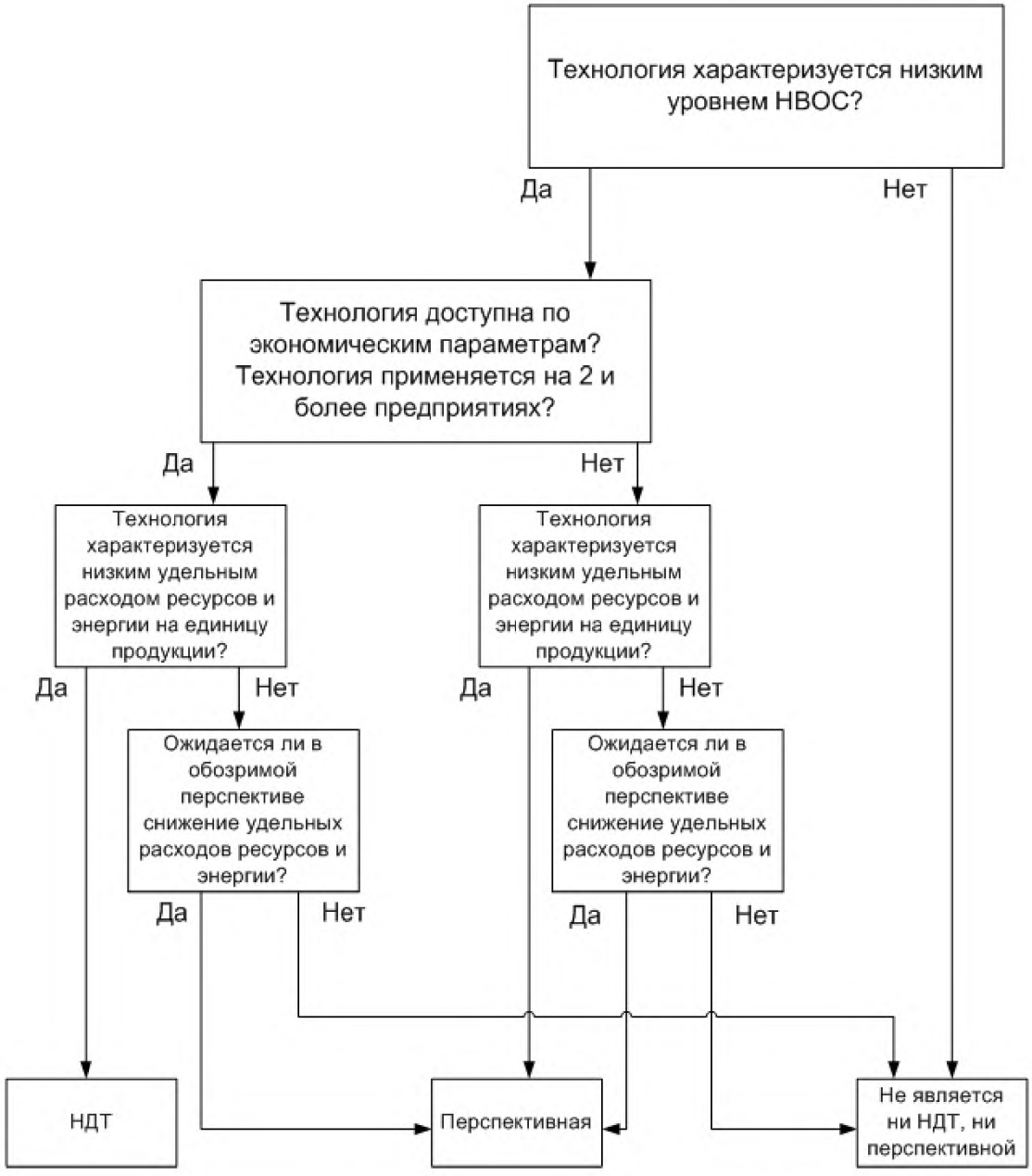

Рисунок 9 — Схема классификации технологий

Таблица 34 — Предварительный перечень наилучших доступных и перспективных технологий в добыче и обогащении угля

№	Технология	Группа технологий	Тип технологии (НДТ / перспективная)
1	Внедрение систем экологического менеджмента	Организационного характера	НДТ
2	Производственный контроль и экологический мониторинг	Организационного характера	НДТ
3	Пылеподавление в очистном забое	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
4	Пылеподавление и снижение образования пыли при буровзрывных работах	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
5	Орошение пылящих поверхностей водой	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
6	Применение пылеулавливающих установок	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
7	Управление содержанием метана в горных выработках	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
8	Противодействие самовозгоранию угля, склонного к окислению	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
9	Противодействие смерзанию угля	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
10	Формирование пожаробезопасных отвалов	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	НДТ
11	Шахтный водоотлив и водоотвод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
12	Карьерный водоотлив и водоотвод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ

Продолжение таблицы 34

Продолжение таблицы 34

№	Технология	Группа технологий	Тип технологии (НДТ / перспективная)
13	Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
14	Регенерация магнетитовой суспензии	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
15	Базовая очистка сточных вод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
16	Обеззараживание сточных вод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
17	Очистка ливневых и производственных вод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
18	Физико-химическая очистка сточных вод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	НДТ
19	Использование отходов добывающего и связанного с ним перерабатывающего производств для закладки выработанного пространства при добыче угля	В области минимизации воздействия отходов	НДТ
20	Обустройство хвостохранилищ	В области минимизации воздействия отходов	НДТ
21	Биологическая рекультивация нарушенных земель	В области минимизации воздействия отходов	НДТ
22	Техническая рекультивация нарушенных земель	В области минимизации воздействия отходов	НДТ
23	Применение средств и методов звуко- и виброзащиты	В области минимизации негативного воздействия физических факторов	НДТ

№	Технология	Группа технологий	Тип технологии (НДТ / перспективная)
24	Гидрозабойка и гидрогелевая забойка	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
25	Система высокоточного позиционирования	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
26	Применение электронных систем взрывания	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
27	Орошение и пылеподавление пеной	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
28	Безвзрывная технология разработки крепких горных пород на разрезах	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
29	Обработка дорожного полотна и отвалов связывающими веществами	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
30	Улавливание и утилизация шахтного метана	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
31	Гидропосев и гидромульчирование	В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	Перспективная
32	Тонкая очистка сточных вод	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	Перспективная
33	Сухие методы обогащения угля	В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	Перспективная
34	Селективная укладка отходов добычи и обогащения в отвал	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная
35	Использование отходов добычи и обогащения для производства строительных материалов	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная

Окончание таблицы 34

№	Технология	Группа технологий	Тип технологии (НДТ / перспективная)
36	Использование отходов добычи и обогащения угля для производства гуминовых удобрений и препаратов	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная
37	Переработка угольных шламов	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная
38	Предварительная обработка размещаемых отходов (обезвоживание, сушка)	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная
39	Извлечение ценных компонентов из угля и отходов обогащения	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная
40	Микробиологическая рекультивация нарушенных земель	В области минимизации воздействия отходов	Перспективная

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии

Наилучшие доступные технологии, применяемые в горнодобывающей промышленности (в том числе при добыче угля), в общем виде описаны в горизонтальном справочнике ИТС 16—2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы», который был разработан и утвержден в 2016 г. [82]. При написании данного раздела приведенные в ИТС 16—2016 наилучшие доступные технологии были использованы в качестве основы и при необходимости дополнены спецификой отрасли. Кроме того, в связи с тем, что рассматриваемая отрасль промышленности обладает рядом особенностей, приведены НДТ, которые в ИТС 16—2016 не рассмотрены.

НДТ, представленные в настоящем справочнике, внедрены на большинстве угольных предприятий России. Эти НДТ теоретически могут применяться на любых действующих предприятиях угольной промышленности. Для их внедрения может потребоваться определенная модернизация производственного процесса, но необходимость в капитальной модернизации предприятий с остановкой производства отсутствует.

Необходимость внедрения той или иной НДТ зависит от горно-геологических условий, в которых находится предприятие. В тех случаях, если эти условия способствуют низким уровням эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду, применение определенных НДТ является избыточным, поскольку снижение уровня эмиссии загрязняющих веществ обеспечивается иными НДТ, более доступными в экономическом плане. Например, в условиях низкой минерализации грунтовых вод физико-химическая очистка сточных вод (НДТ 18) является избыточной, поскольку сточные воды успешно могут очищаться до допустимых значений с помощью базовой очистки (НДТ 15).

5.1 НДТ организационного характера

НДТ 1. Внедрение систем экологического менеджмента (СЭМ)

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применима для всех предприятий угольной промышленности (шахт, разрезов, обогатительных фабрик).

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает внедрение эффективных СЭМ на предприятиях угольной промышленности. Организация эффективных СЭМ на промышленных предприятиях регламентируется национальным стандартом ISO 14001:2015/ГОСТ Р ИСО 14001—2016 [91]. Стандарт ГОСТ Р ИСО 14001—2016 описывает методику планирования достижения экологических целей, средства обеспечения экологического менеджмента, оценку результатов деятельности и т. д.

Система экологического менеджмента может быть интегрирована в систему менеджмента качества (в том числе с созданием интегрированной системы менеджмента).

Сертификация СЭМ на предмет соответствия стандарту ГОСТ Р ИСО 14001—2016 проводится специальными сертификационными организациями. Аудит СЭМ проводится на основании национального стандарта ГОСТ Р ИСО 19011—2012 [92].

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Внедрение СЭМ способствует эффективному решению вопросов экологического характера.

НДТ 2. Производственный контроль и экологический мониторинг

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применима для всех предприятий угольной промышленности (шахт, разрезов, обогатительных фабрик).

Содержание НДТ. Данная НДТ заключается в осуществлении следующих функций:

- производственный контроль над основными параметрами технологических процессов и операций;
- производственный контроль над параметрами воздействия на компоненты окружающей среды (согласно техническим регламентам предприятия и утвержденным в надзорных органах графикам контроля с применением систем инструментального и автоматизированного контроля для источников и веществ, определенных нормативными актами);
- мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, земель и почв, недр, растительного и животного мира.

Контроль над выбросами неорганической пыли должен осуществляться в соответствии со следующими документами:

- РД 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы [90];
- Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля [93];
- ОНД 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [94];
- ПНД Ф 12.1.2.99. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентраций взвешенных частиц (пыли) в выбросах промышленных предприятий [95];
- ГОСТ 33007—2014 [96].

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Внедрение данной НДТ позволяет минимизировать вероятность возникновения серьезных экологических аварий.

5.2 НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух

Технологические показатели выбросов загрязняющих маркерных веществ при использовании НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух представлены в таблице 35.

НДТ 3. Пылеподавление в очистном забое

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе выемки угля из очистного забоя при добыче угля подземным способом.

Содержание НДТ. Предварительное увлажнение угольного пласта позволяет, помимо основной функции - снижения сопротивляемости угля разрушению, снизить удельное пылевыделение, что снижает общий уровень выбросов пыли в атмосферный воздух. Технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха подробно описаны в (см. 2.1.8.1.3).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Предварительное увлажнение угольного пласта снижает запыленность воздуха на 50 % — 80 %.

НДТ 4. Пылеподавление и снижение образования пыли при буровзрывных работах

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе буровзрывных работ при добыче угля открытым способом.

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает осуществление одного или нескольких мероприятий из числа следующих:

- предварительное орошение рабочего участка;
- использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием;
- предварительное орошение буровых скважин.

Кроме того, эта НДТ может сочетаться со следующими дополнительными мероприятиями:

- проведение взрывных работ в соответствии с погодными условиями;
- внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров буровзрывных работ;
- применение неэлектрических систем взрывания.

Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах, подробно описаны в пункте 2.2.7.1.1.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. При предварительном орошении буровых скважин концентрация пыли на расстоянии 50–100 м от скважины снижается до 1–5 мг/м^3. Предварительное увлажнение массива для экскавации обеспечивает эффективность пылегазоподавления до 80 % — 85 %.

НДТ 5. Орошение пылящих поверхностей

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на различных этапах при добыче угля открытым способом (буровзрывные работы, выемочно-погрузочные работы, транспортировка угля автомобильным транспортом, транспортировка угля конвейерным транспортом, отвалообразование, складирование), подземным способом (проведение горных выработок, разрушение горной породы, подъемно-транспортные работы, отвалообразование, складирование) и обогащении угля (отвалообразование, складирование).

Содержание НДТ.

Орошение, во время добычи угля подземным способом, осуществляется с применением:

- подачи водного раствора через исполнительные органы выемочной машины;
- водяных оросителей и туманообразователей;
- водовоздушных эжекторов.

Орошение, во время добычи угля открытым способом, а также в процессе отвалообразования, осуществляется с применением:

- гидромониторно-насосных установок;
- оросительных, распылительных, дождевальных установок;
- оросительно-вентиляционных установок;
- вентиляционных установок, обеспечивающих обеспыливающее проветривание.

Характеристики данных установок подробно описаны в пунктах, рассматривающих технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха (см. 2.1.8.1.3) и орошение (см. 2.2.7.1.2).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. При оптимальном режиме работы оросителей в процессе добычи угля подземным способом эффективность пылеподавления данным способом достигает 70 % — 98 %.

В процессе добычи угля открытым способом эффективность пылеподавления данным способом достигает:

- 85 % — 90 % — при взрывных работах;
- 80 % — 85 % — при выемочно-погрузочных работах;
- 50 % — 100 % — при гидрообеспыливании автодорог (50 % — 70 % для нежесткого покрытия, 95 % — 100 % для твердого покрытия);
- 85 % — 90 % — при гидрообеспыливании конвейеров, узлов погрузки угля и поверхности отвалов.

НДТ 6. Применение пылеулавливающих установок

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на различных этапах при добыче угля открытым способом (буровзрывные работы, выемочно-погрузочные работы, транспортировка угля конвейерным транспортом, складирование), подземным способом (при проведении горных выработок, разрушении горной породы и подъемно-транспортных работ, складировании), а также при обогащении угля (практически на всех технологических установках, кроме водно-шламового хозяйства).

Содержание НДТ.

Пылеулавливающими установками оснащаются: буровые станки, роторные экскаваторы и ленточные конвейеры. Кроме того, в шахтном забое могут устанавливаться централизованные установки пылеулавливания.

По принципу действия выделяется ряд типов пылеулавливающих установок:

- механические обеспыливающие устройства, в которых пыль отделяется под силой тяжести (осадительные камеры);
- устройства, в которых отделение пыли происходит за счет сил инерции и центробежных сил (инерционные, жалюзийные пылеуловители, циклоны);
- мокрые пылеуловители, в которых твердые частицы в газообразной среде улавливаются жидкостью (трубы Вентури, ротоклоны, промывные камеры, скрубберы);
- пенные аппараты;
- обеспыливающие устройства с фильтрующим материалом (тканевые фильтры);
- электрические обеспыливающие устройства (электрофильтры).

Характеристики данных установок подробно описаны в пунктах, рассматривающих технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха (см. 2.1.8.1.3) и пылеулавливание (см. 2.2.7.1.5).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Средняя эффективность пылеулавливания различными устройствами достигает следующих значений.

- Осадительные камеры — 30 % — 40 %;
- Циклоны — 70 % — 95 %;
- Мокрые пылеуловители — 85 % — 95 %;
- Пенные аппараты — 95 % — 99 %;

- Фильтры рукавные — 98 % — 99 %;

- Электрофильтры до — 99,9 %.

НДТ 7. Управление содержанием метана в горных выработках

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе вентиляции и дегазации при добыче угля подземным способом.

Содержание НДТ. НДТ предусматривает реализацию следующих мероприятий.

- Предварительная дегазация угольного пласта (опционально, в случае необходимости).

- Проветривание горных выработок для удаления метана и иных газов без их улавливания. Способы проветривания горных выработок подробно описаны в пункте, рассматривающем вентиляцию и дегазацию (см. 2.1.6).

- Измерение концентрации метана в воздухе горных выработок.

- Измерение концентрации метана в воздухе вентиляционной струи на ее выходе на поверхность земли.

Работы по предварительной дегазации угольного пласта могут проводиться как собственными силами угледобывающего предприятия, так и силами привлеченных независимых компаний (по схеме аутсорсинга).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Технология позволяет достоверно измерять (рассчитывать) объем метана выбрасываемого в атмосферу. Удаление метана из угольного пласта (дегазация) и горных выработок (проветривание) препятствует образованию взрывоопасных скоплений метана, повышая безопасность ведения горных работ.

НДТ 8. Противодействие самовозгоранию угля, склонного к окислению

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется при выемочно-погрузочных работах, складировании и отгрузке угля при добыче угля открытым, подземным способом, при обогащении угля, а также при формировании и эксплуатации породных отвалов.

Содержание НДТ. Складирование угля на складах в большинстве случаев осуществляется в открытых штабелях (реже — в бункерах и закрытых складах). Для малоустойчивых к окислению углей площадки под штабеля рекомендуются в виде естественного грунта, обеспечивающего хорошую теплоотдачу от угля в почву, относительно быстрое удаление атмосферных осадков, а также хороший контакт угля с основанием, что затрудняет свободный подсос воздуха в штабель. По мере роста склонности углей к окислению и самовозгоранию максимальная допустимая высота штабелей сокращается до 2,5 м.

Для предупреждения нагревания и самовозгорания при хранении наиболее склонных к окислению углей (помимо послойного и поверхностного уплотнения их в штабеле для рядовых углей) рекомендуется:

- внесение ингибиторов (антиокислителей в виде растворов, водных эмульсий, суспензий или сухих реагентов) в процессе формирования штабелей с послойным и поверхностным уплотнением угля или с помощью специальной насосной установки через трубы с отверстиями, погружаемые в штабель;

- покрытие поверхности штабеля специальными составами;

- покрытие поверхности штабеля суспензией гашеной извести в целях уменьшения перегревания штабеля (для южных регионов).

Способы температурного контроля и меры, используемые при самонагревании (самовозгорании) угля, подробно описаны в пункте, рассматривающем складирование угля (см. 2.2.4.1).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет предупредить самовозгорание в местах складирования угля, сократить выбросы загрязняющих веществ (продуктов сгорания угля) в атмосферный воздух.

НДТ 9. Противодействие смерзанию угля

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапах складирования и отгрузки угля при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Содержание НДТ. Для предотвращения смерзания углей осуществляют:

- взрыхление верхнего слоя штабеля с помощью машин-рыхлителей или других приспособлений до наступления заморозков или после заморозков, если толщина промерзания не превысила 100–150 мм;

- обработку верхнего слоя угля до заморозков поверхностно-активными веществами (нефтепродуктами, отходами коксохимического и нефтеперерабатывающего производств) на глубину промерзания.

При складировании угля в закрытых помещениях, одним из способов противодействия смерзанию является вентиляция с применением калориферов.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет уменьшить расходы на мероприятия по сохранению качественных характеристик угля при складировании (хранении), снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при альтернативных мероприятиях по восстановлению сыпучести угля.

НДТ 10. Формирование пожаробезопасных отвалов

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе отвалообразования.

Содержание НДТ. Формирование пожаробезопасных отвалов должно обеспечиваться следующим образом (подробнее см. 2.2.7.3.2):

- формирование отвалов без выступов в угловых частях, придание отвалам округлой формы;

- выполаживание откосов породных отвалов (угол откоса не должен превышать;

- формирование отвалов слоями;

- уплотнение отвальной массы специальными или транспортными средствами;

- снижение воздухопроницаемости слоя отходов путем заиливания или перекрытия негорючими (изолирующими) материалами;

- формирование противопожарных барьеров.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет предупредить самовозгорание отвалов, сократить выбросы загрязняющих веществ (продуктов сгорания угля) в атмосферный воздух.

Таблица 35 — Технологические показатели выбросов маркерных веществ при применении НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух

Вид деятельности	Маркерное вещество	Технологический показатель, г/т[1)]
Добыча угля подземным способом	Пыль неорганическая	≤85,0
Добыча угля открытым способом	Пыль неорганическая	≤598,0
Обогащение угля	Пыль неорганическая	≤23,3
Обогащение угля[2)]	Пыль неорганическая	≤144,0
[1]Технологический показатель для добычи указан на тонну добытого угля, для обогащения — на тонну обогащенного угля [2]Для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля		

5.3 НДТ в области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы

Технологические показатели сбросов загрязняющих маркерных веществ при использовании НДТ в области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы представлены в таблице 36.

НДТ 11. Шахтный водоотлив и водоотвод

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применима для предприятий угольной промышленности при добыче угля подземным способом на этапе водоотлива и водоотвода.

Содержание НДТ. НДТ предполагает осуществление следующих мероприятий:

- селективное отведение шахтных, ливневых и сточных вод;
- отведение шахтных вод с применением участковых водоотливов с переброской откачиваемых вод по водоводам;
- строительство водосборников, канавок, ливнестоков;
- откачка воды из горных выработок.

Система водоотлива включает в себя сеть водоотводных канавок, участковые и главные водосборники, насосные станции, вспомогательные устройства (водотрубные ходки, перемычки и т. п.), устройства автоматизации и контроля. Данная технология подробно описана в пункте, рассматривающем осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение (см. 2.1.7).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Водоотлив и водоотведение шахтных, ливневых и сточных вод с территории предприятия сокращает объемы загрязненных сточных вод за счет отделения чистой воды от загрязненной, предотвращает эрозию участков почвы.

НДТ 12. Карьерный водоотлив и водоотвод

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе водоотлива и водоотвода при добыче угля открытым способом.

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает осуществление следующих мероприятий:

- селективное отведение подземных, ливневых и сточных вод;
- строительство ливнестоков, траншей;
- строительство средств защиты от эрозии.

Система водоотлива состоит из устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборников, насосных станций с водоотливными установками и с нагнетательными трубопроводами. Данная технология подробно описана в пункте, рассматривающем осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение (см. 2.2.6).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Водоотлив и водоотведение ливневых и сточных вод с территории предприятия сокращает объемы загрязненных сточных вод за счет отделения чистой воды от загрязненной, предотвращает эрозию участков почвы.

НДТ 13. Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе водоотлива и водоотвода при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает использование, в том числе повторное, шахтных и карьерных, ливневых или сточных вод, технической воды — для производственных нужд предприятия. В зависимости от схемы повторного использования вода может быть предварительно очищена до требуемого уровня. Нагретая техническая вода может быть использована для отопления. Техническая вода может быть получена в результате вспомогательной деятельности (например, для охлаждения оборудования или пара в котельной). На углеобогатительных предприятиях техническая вода в значительном количестве образуется при обогащении угля мокрым гравитационным способом.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Повторное использование технической воды позволяет снизить потребление водных ресурсов на предприятии. При повторном использовании нагретой технической воды сокращается расход энергоресурсов, необходимых для подогрева воды.

НДТ 14. Регенерация магнетитовой суспензии

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе обогащения при технологии обогащения угля в тяжелых средах.

Содержание НДТ. Процесс обогащения угля в тяжелых средах сопровождается использованием суспензии минеральных порошков высокой плотности. В состав суспензии обычно включают измельченные до крупности менее 0,1 мм различные минералы (главным образом, магнетит). Готовая суспензия смешивается с обогащаемым сырьем в тяжелосредных аппаратах (сепараторах и гидроциклонах). После того, как в данных устройствах происходит обогащение по плотности, суспензия насыщается частицами угольного шлама.

Постоянное приготовление новой суспензии требует значительного расхода воды и магнетита. Однако этого можно избежать за счет регенерации использованной суспензии. В процессе регенерации некондиционная суспензия поступает в специальную ванну, где из нее магнитами извлекается магнетит. Благодаря специальной форме ванны создаются условия для осаждения угольного шлама, что способствует осветлению воды.

Полученные в процессе регенерации продукты — осветленная вода и магнетит — направляются на производство новой суспензии. Оставшийся в процессе регенерации угольный шлам может направляться на следующую стадию обогащения (флотацию).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Данная НДТ позволяет снизить расход воды и потребление магнетита при обогащения угля в тяжелых средах. Производительность тяжелосредных гидроциклонов достигает 500 т/ч, что соответствует расходу суспензии в объеме примерно 2 тыс. $м^3$/ч. Благодаря данной НДТ большая часть этого расхода покрывается вторичной суспензией.

НДТ 15. Базовая очистка сточных вод

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется для очистки сточных вод при добыче угля открытым способом, подземным способом, а также при обогащении угля. Данная НДТ применима для очистки большинства видов сточных вод (шахтных, карьерных, хозяйственно-бытовых), за исключением ливневых и производственных вод (см. НДТ 17 «Очистка ливневых и производственных вод»).

Содержание НДТ.

Данная НДТ предполагает обязательное наличие следующих установок:

- шахтные водосборники или зумпфы для предварительного отстаивания воды;
- пруды-отстойники или иные устройства и сооружения для осветления воды.

Если указанных установок недостаточно для снижения концентрации загрязняющих веществ до уровней ПДК — они должны быть дополнены определенными сооружениями из следующего перечня:

- решетки для удаления крупного мусора (в случае наличия в стоках крупного мусора);
- устройства для снижения концентрации нефтепродуктов (нефтеловушки, боновые заграждения, боновые фильтры) (в случае высокой загрязненности сточных вод нефтепродуктами);
- искусственные фильтрующие массивы;
- аэрационные установки (в случае, когда в результате используемой предприятием технологии в воду попадает большое количество железа);
- биоокислительные каналы.

Характеристики данных установок подробно описаны в пункте, рассматривающем схемы очистки сточных вод (см. 2.1.8.2.3).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Данная НДТ позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ и ряда прочих загрязняющих веществ (нефтепродуктов и т. д.) в сточных водах. Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам составляет от 50 % до 99 % и более.

НДТ 16. Обеззараживание сточных вод

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется для очистки сточных вод при добыче угля открытым способом, подземным способом, а также при обогащении угля. Данная НДТ применима для очистки большинства видов сточных вод (шахтных, карьерных, хозяйственно-бытовых), за исключением ливневых и производственных вод (см. НДТ 17 «Очистка ливневых и производственных вод»). **Данная НДТ может применяться только в дополнение к НДТ 15 «Базовая очистка сточных вод»**. Данная НДТ должна применяться на любом угольном предприятии в том случае,

если в сточных водах наблюдается нарушение нормативов по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Содержание НДТ. Согласно данной технологии сточные воды после отстойников поступают на насосную станцию с обеззараживающими установками. Могут применяться такие методы обеззараживания, как хлорирование, озонирование и УФ-обработка. Данные методы могут совмещаться с доочисткой в случае необходимости. Характеристики данных технологий подробно описаны в пункте, рассматривающем схемы очистки сточных вод (см. 2.1.8.2.3).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет снизить концентрацию микроорганизмов в сточных водах. Стандартный уровень инактивации при использовании установок УФ-обеззараживания составляет 99,9 %.

НДТ 17. Очистка ливневых и производственных вод

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется для ливневых и производственных вод.

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает обязательное наличие следующих стадий.

- Усреднение различных видов поступающих сточных вод с помощью усреднителей.
- Механическая очистка, при необходимости совмещаемая с фильтрующими массивами, удалением нефтепродуктов (например, с помощью нефтеловушки или боновых фильтров) и иными технологиями (см. НДТ 15 «Базовая очистка сточных вод»).
- Обеззараживание (см. НДТ «Обеззараживание сточных вод»).
- Накопление очищенных вод в специальной емкости.

Характеристики данных стадий подробно описаны в пункте, рассматривающем схемы очистки сточных вод (см. 2.1.8.2.3).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет снизить концентрацию ряда загрязняющих веществ и микроорганизмов в сточных водах. Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам составляет от 50 % до 99 % и более. Степень очистки от нефтепродуктов после осветления и применения фильтров может составлять до 99 % и более. Стандартный уровень инактивации микроорганизмов при использовании установок УФ-обеззараживания составляет 99,9 %.

НДТ 18. Физико-химическая очистка сточных вод

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется для очистки сточных вод при добыче угля открытым способом, подземным способом, а также при обогащении угля. Данная НДТ применима для очистки большинства видов сточных вод (шахтных, карьерных, хозяйственно-бытовых), за исключением ливневых и производственных вод (см. НДТ 17 «Очистка ливневых и производственных вод»).

Содержание НДТ. Согласно данной технологии сточные воды после отстойников поступают на насосно-фильтровальную станцию с обеззараживающими установками. На этой стадии осуществляются следующие стадии очистки.

- Усреднение различных видов поступающих сточных вод с помощью усреднителей.

- Механическая очистка, при необходимости совмещаемая с фильтрующими массивами, удалением нефтепродуктов (например, с помощью нефтеловушки или боновых фильтров) и иными технологиями (см. НДТ 15 «Базовая очистка сточных вод»).

- Реагентная флотация.

- Доочистка (как правило, доочистка осуществляется на сорбционных засыпных фильтрах, но также могут применяться другие устройства).

- Обеззараживание (см. НДТ 16 «Обеззараживание сточных вод»).

Характеристики данных технологий подробно описаны в пункте, рассматривающем схемы очистки сточных вод (см. 2.1.8.2.3).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ, ряда загрязняющих веществ (нефтепродуктов, фенола, ПАВ, железа, марганца, фосфатов, азота, нитратов, нитритов) и микроорганизмов в сточных водах. Стандартный уровень инактивации при использовании установок УФ-обеззараживания составляет 99,9 %.

Таблица 36 — Технологические показатели сбросов маркерных веществ (показателей) при применении НДТ в области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы

Вид деятельности	Маркерное вещество (показатель)	Технологический показатель, г/т[1)]
Добыча угля подземным способом	кислотность воды	5,5–9 pH [81]
	взвешенные вещества	≤98,0
	железо	≤2,3
	нефть и нефтепродукты	≤0,7
Добыча угля открытым способом	кислотность воды	5,5–9 pH
	взвешенные вещества	≤286,6
	железо	≤25,7
	нефть и нефтепродукты	≤0,7
[1]Технологический показатель указан на тонну добытого угля		

5.4 НДТ в области минимизации негативного воздействия отходов

НДТ 19. Использование отходов добывающего и связанного с ним перерабатывающего производства для закладки выработанного пространства при добыче угля

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на предприятиях угольной промышленности при добыче угля открытым и подземным способом на этапе утилизации отходов производства.

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает использование отходов производства (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения, золошлаков и других видов отходов IV и V классов опасности) для закладки выработанного пространства открытых и подземных горных выработок. Данная технология подробно описана в пункте 2.2.7.3.3 «Закладка выработанного пространства и рекультивация земельных участ-

ков». Фактически данная НДТ представляет собой первый этап технической рекультивации (НДТ 19).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Применение НДТ способствует сокращению изъятия земель под размещение отходов производства, способствует восстановлению нарушенных земель за счет технической рекультивации, сокращению образования загрязненных сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

НДТ 20. Обустройство хвостохранилищ

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе утилизации отходов производства в процессе обогащения угля.

Содержание НДТ. Хвостохранилище представляет собой гидротехническое сооружение, предназначенное для временного хранения и обезвоживания жидких отходов обогащения угля (пульпы).

Обустройство хвостохранилищ должно соответствовать ряду условий.

- Хвостохранилище должно быть непроницаемо для жидкой компоненты пульпы (в противном случае будет происходить фильтрация жидкой фракции в окружающую среду). Данное условие выполняется путем экранирования дна и ограждающих поверхностей чаш хвостохранилищ противофильтрационными устройствами (ПФУ). ПФУ должны состоять из высокопрочных гидроизоляционных покрытий. Эффективность ПФУ может контролироваться с помощью пьезометрической системы.

- Дамбы, ограничивающие хвостохранилище, должны быть устойчивы к эрозии, склоновым процессам и другим внешним факторам. Данное условие крайне важно, поскольку нарушение целостности дамб грозит прорывом жидкой фракции пульпы за пределы хвостохранилища, что с высокой вероятностью приведет к серьезной экологической аварии. В частности, для укрепления откосов дамб может применяться скальный грунт и грубодробленая пустая порода. Для строительства тела дамбы в определенном количестве могут применяться сухие отходы добычи угля или продукты обогащения, если их применение позволит обеспечить целостность дамб.

- Поступление пульпы в хвостохранилища должно осуществляться трубопроводами. Трубопроводы должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечивать равномерное поступление пульпы в хвостохранилище и поддерживать определенный уровень жидкой фракции (с целью предотвращения пыления с осушенных пляжей).

- Хвостохранилище должно быть обеспечено водосбросными и дренажными устройствами. Эти устройства должны быть расположены таким образом, чтобы равномерно отводить избыточную воду и поддерживать определенный уровень жидкой фракции (с целью предотвращения пыления с осушенных пляжей). Отведенная вода должна направляться либо на очистные сооружения, либо возвращаться в технологический цикл обогатительной фабрики.

- Хвостохранилища должны быть размещены таким образом, чтобы не создавать риск прорыва жидкой фракции пульпы в крупные реки и озера, а также на территорию населенных пунктов.

Более подробно условия сооружения хвостохранилищ описаны в пункте 2.3.11.3.2 «Хвостохранилища (гидроотвалы)». Кроме того, при их обустройстве целесообразно руководствоваться следующими документами:

- ПБ 06–123–96. Правила безопасности при эксплуатации хвостовых, шламовых и гидроотвальных хозяйств. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 05.11.1996 № 43;

- Европейский справочник НДТ Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Обустройство хвостохранилищ характеризуется следующими качественными преимуществами:

- снижение экологического ущерба по сравнению с вариантом сброса жидких продуктов обогащения в водные объекты;

- возможность использования осушенных отходов обогащения в качестве строительного материала;

- возможность повторного использования осветленной воды в технологическом цикле обогатительной фабрики.

5.5 НДТ в области рекультивации земель

НДТ 21. Техническая рекультивация нарушенных земель

Область применения. Данная НДТ применяется после окончания использования земель для основной деятельности, связанной с добычей и/или обогащением угля.

Содержание НДТ. Первоначальные (предварительные) этапы технической рекультивации описаны в разделах 2.2.7.3 «Обращение с отходами производства» и 2.3.11.3 «Обращение с отходами производства».

Технический этап рекультивации предусматривает выполнение мероприятий по подготовке земель к биологическому этапу рекультивации.

Техническая рекультивация включает:

- грубую (предварительную) и чистовую планировку поверхности нарушенных земель;

- выполаживание и (или) террасирование откосов отвалов и бортов карьерных выемок;

- подготовку участков (вырубка леса, кустарника, уборка камней и т. д.);

- селективное снятие, транспортирование, складирование (при необходимости) и нанесение на рекультивируемые земли потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы;

- ликвидацию последствий осадки отвалов открытых горных работ и противоэрозионные мероприятия;

- засыпку породой или заполнение водой остаточных карьерных выемок;

- комплекс мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение химических и физических свойств отвальных грунтов, слагающих поверхностный слой рекультивируемых земель (при необходимости);

- строительство дорог и гидротехнических сооружений;

Общие требования к рекультивации земель с учетом их дальнейшего использования изложены в ГОСТ 17.5.3.04—83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

Нормативно-справочные и технологические материалы, необходимые при проектировании технической и биологической рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях, изложены в «Методических указаниях по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности».

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ.

НДТ позволяет ускорить процесс восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель при сокращении затрат на проведение рекультивации. НДТ позволяет заново использовать ранее изъятые для добычи угля участки земли для сельскохозяйственных или иных видов деятельности.

НДТ 22. Биологическая рекультивация нарушенных земель

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется после окончания использования земель для основной деятельности, связанной с добычей и/или обогащением угля.

Содержание НДТ. Биологическая рекультивация — это комплекс мелиоративных и агротехнических мероприятий по восстановлению плодородия и хозяйственной ценности земель, ранее изъятых для проведения горных выработок (добычи угля). Биологическая рекультивация проводится после технической рекультивации. Состав и объем работ по биологической рекультивации определяется в зависимости от направления дальнейшего использования рекультивируемых земель (создание сельскохозяйственных угодий, лесных насаждений, декоративно-озеленительного комплекса и др.).

Мелиорация включает известкование, гипсование, промывку, пескование, глинование и другие приемы, направленные на улучшение химических и физических свойств рекультивационного слоя.

Агротехнические приемы предусматривают систему обработки и удобрения насыпного слоя или слоя горной породы (рекультивационного слоя), специальные севообороты, посадку древеснокустарниковых растений и др. Биологическая активность рекультивируемого слоя повышается с помощью микроорганизмов, вносимых с органическими удобрениями.

Продолжительность биологического этапа рекультивации определяется проектом рекультивации и обычно длится от 4–6 до 10 лет.

Общие требования к рекультивации земель с учетом их дальнейшего использования изложены в ГОСТ 17.5.3.04—83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

Нормативно-справочные и технологические материалы, необходимые при проектировании технической и биологической рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях, изложены в «Методических указаниях по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности».

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. НДТ позволяет ускорить процесс восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель при сокращении затрат на проведение рекультивации. НДТ позволяет заново использовать ранее изъятые для добычи угля участки земли для сельскохозяйствен-

ных или иных видов деятельности. Также биологическая рекультивация может быть начальным этапом восстановления лесных угодий. Биологическая рекультивация препятствует эрозии почвы после этапа технической рекультивации и снижает пыление.

5.6 НДТ в области минимизации негативного воздействия физических факторов

НДТ 23. Применение средств и методов звуко- и виброзащиты

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется практически на всех этапах производственного процесса.

Содержание НДТ. Снижение шумового воздействия обеспечивается:

- применением шумозащитных конструкций (глушителей шума);
- применением шумоизоляции (шумоизоляция дверей, кабин оборудования, звукоизоляция и шумопоглощение в производственных помещениях);
- средств индивидуальной защиты (беруш, противошумных наушников);
- путем ограничения времени пребывания в условиях высокого шума;
- принудительной смазкой поверхностей — источников шума, своевременным проведением ремонта оборудования с высоким уровнем шумового воздействия;
- рациональным расположением шумящих агрегатов (в отдельных зданиях).

Снижение вибрационного воздействия обеспечивается:

- применением оборудования (частей оборудования) с движущимися и/или вращающимися частями в виброзащитном исполнении;
- применением индивидуальных средств виброзащиты (войлочные антивибрационные коврики, виброрукавицы);
- путем рациональной организации труда в течение смены.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ.

НДТ позволяет выдержать требования по физическим факторам воздействия, установленные нормативными документами для производственных процессов [83. 84].

Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий

В данном разделе рассматриваются вопросы, связанные с затратами, требуемыми на внедрение НДТ, и обоснованием экономического эффекта от внедрения (см. таблицу 37). К наиболее значимым эффектам от внедрения НДТ относятся:

- повышение безопасности угольных предприятий;
- улучшение условий труда;
- сокращение негативного воздействия на окружающую среду;
- снижение ресурсо- и энергоемкости.

Повышение безопасности предприятия снижает риск возникновения аварийных ситуаций (взрывов угольной пыли и метана, нарушения целостности угольных отвалов), тем самым снижая издержки на устранение последствий аварий, которые могут наносить ущерб производственным фондам предприятий, здоровью персонала, окружающей среде. Повышение безопасности особенно актуально при добыче угля подземным способом. Внедрение НДТ, способствующих повышению уровня безопасности

в шахтах, положительно сказывается на удельных экономических показателях отрасли и повышает ее инвестиционную привлекательность.

За счет снижения запыленности, а также снижения уровней шума и вибрации достигается улучшение условий труда, что способствует снижению риска развития профессиональных заболеваний (силикоз, виброболезнь и т. д.) у работников угольных предприятий.

Снижение негативного воздействия на окружающую среду в результате внедрения НДТ позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ, сбросы загрязненных сточных вод, сократить образование отходов производства, что приводит к снижению платежей за негативное воздействие на окружающую среду угольными предприятиями и сокращению удельных показателей негативного воздействия на окружающую среду угольной отрасли в целом.

Внедрение НДТ способствует сокращению ресурсо- и энергоемкости производства, что положительно сказывается на сокращении эксплуатационных издержек. К эксплуатационным затратам относятся затраты на топливо, электроэнергию, водные ресурсы и расходные материалы, а также затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования. Оценить данные затраты в разбивке по технологиям с достаточной точностью не представляется возможным. По этой причине приводятся только источники затрат, без указания количественных оценок.

Данные о капитальных затратах, необходимых на внедрение НДТ, приведены на основании оценки стоимости основного оборудования без учета затрат на дополнительное оборудование и монтажные работы. Указанные данные приведены с целью отражения масштаба требуемых затрат и не могут быть использованы для детальной оценки необходимых капитальных затрат по конкретным предприятиям.

Таблица 35 — Затраты на внедрение НДТ и экономический эффект от внедрения.

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
1.	Внедрение систем экологического менеджмента (СЭМ)	В рамках текущих затрат	В рамках текущих затрат	Снижение платежей за негативное воздействие на окружающую среду Снижение расходов, связанных с соблюдением природоохранных требований Ресурсо- и энергосбережение
2.	Производственный контроль и экологический мониторинг	**Значительные** (затраты на установку датчиков измерения концентрации загрязняющих веществ, приобретение оборудования для измерения содержания загрязняющих веществ в сточных водах)	**Средние** (затраты на проведение экологического мониторинга состояния компонентов окружающей среды)	Снижение платежей за негативное воздействие на окружающую среду Снижение риска превышения ПДК загрязняющих веществ Снижение риска возникновения аварийных ситуаций, ликвидация которых требует значительных затрат
3.	Пылеподавление в очистном забое	**Значительные** (затраты на приобретение насосных установок и другого необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на приобретение ПАВ, воду, электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Снижение риска возникновения аварийных ситуаций (взрывов угольной пыли), ликвидация которых требует значительных затрат Снижение периодов простоя оборудования после взрывания горной массы Снижение риска развития профессиональных заболеваний у работников, улучшение условий труда

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
4.	Пылеподавление и снижение образования пыли при буровзрывных работах	**Значительные** (затраты на разработку схем проведения мероприятий, приобретение необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на воду, электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Снижение периодов простоя оборудования после взрывания горной массы Снижение риска развития профессиональных заболеваний у работников, улучшение условий труда
5.	Орошение пылящих поверхностей	**Значительные** (затраты на приобретение необходимого оборудования, в том числе оросительных, распылительных, дождевальных, насосных установок) Стоимость системы пылеподавления: до 100 тыс. руб.	**Средние** (затраты на воду, электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Снижение риска возникновения аварийных ситуаций (взрывов угольной пыли), ликвидация которых требует значительных затрат Снижение риска развития профессиональных заболеваний у работников, улучшение условий труда
6.	Применение пылеулавливающих установок	**Значительные** (к затратам относится приобретение пылеулавливающих установок и другого необходимого оборудования) Стоимость пылеулавливающих установок: 100–500 тыс. руб.	**Средние** (затраты на приобретение сменных фильтров, затраты на воду, электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Снижение риска возникновения аварийных ситуаций (взрывов угольной пыли), ликвидация которых требует значительных затрат Снижение риска развития профессиональных заболеваний у работников, улучшение условий труда

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
7.	Удаление метана из горных выработок при вентиляции	**Значительные** (к затратам относится приобретение вентиляционных установок, датчиков метана и другого необходимого оборудования) **Стоимость вентиляторов**: от 6 тыс. руб. до 0,9 млн руб. Стоимость вентиляционных систем: 10–44 млн руб. Стоимость датчиков метана: до 2 млн руб.	**Средние** (затраты на электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение риска возникновения аварийных ситуаций (взрывов угольной пыли), ликвидация которых требует значительных затрат
8.	Противодействие самовозгоранию склонного к окислению угля	**Средние** (к затратам относятся расходы на обустройство площадки для складирования угля, на приобретение специальных насосных установок и другого необходимого оборудования) **Стоимость насосов**: до 14 млн руб. (обычно — десятки-сотни тыс. руб.)	**Средние** (затраты на приобретение специальных составов для обработки поверхностей (ингибиторов, гашеной извести и др.); затраты на мониторинг состояния складов с целью выявления очагов горения; затраты на электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от горения угля Снижение потерь угля от горения Ресурсосбережение (снижение расхода воды и прочих ресурсов, используемых при пожаротушении) Снижение риска возникновения нештатных ситуаций при пожаротушении

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
9.	Противодействие смерзанию угля	**Значительные** (к затратам относятся расходы на приобретение машин для рыхления, распыления, колориферов и другого необходимого оборудования) Стоимость нагревателей воздуха: до 30–140 тыс. руб.	**Средние** (затраты на приобретение ПАВ, электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы в атмосферу продуктов сгорания топлива, используемого для дробления и размораживания смерзшегося угля Энергосбережение (снижение потребления энергоресурсов, необходимых для дробления и размораживания смерзшегося угля)
10.	Формирование пожаробезопасных отвалов	**Значительные** (к затратам относятся расходы на обустройство площадки для складирования угля, на приобретение специальных транспортных средств и другого необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на приобретение негорючих (изолирующих) материалов, затраты на мониторинг состояния отвалов с целью выявления очагов горения; затраты на электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от горения угля Снижение потерь угля от горения Ресурсосбережение (снижение расхода воды и прочих ресурсов, используемых при пожаротушении) Снижение риска возникновения нештатных ситуаций при пожаротушении
11.	Шахтный водоотлив и водоотвод	**Значительные** (затраты на приобретение насосных установок, устройств автоматизации и контроля, а также другого необходимого оборудования, строительство водосборников, ливнестоков) Стоимость систем водоотлива: 1–120 млн руб.	**Средние** (к затратам относятся расходы на электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение расходов на очистку сточных вод за счет разделения их по типам загрязнения Снижение риска затопления шахтных горизонтов, ликвидация которого требует значительных затрат

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
12.	Карьерный водоотлив и водоотвод	**Значительные** (к затратам относятся расходы на приобретение насосных установок, устройств автоматизации, контроля и другого необходимого оборудования, строительство ливнестоков, траншей, средств защиты от эрозии) Стоимость систем водоотлива: 1–120 млн руб.	**Средние** (к затратам относятся расходы на электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение расходов на очистку сточных вод за счет разделения их по типам загрязнения Снижение риска затопления горизонтов разреза, что грозит приостановкой добычи угля на определенный период
13.	Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения	**Значительные** (затраты на проектирование, строительство и приобретение необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Сокращение платы за сброс загрязненных сточных вод Снижение расходов на расширение очистных сооружений Снижение расхода электроэнергии на очистку сточных вод Ресурсосбережение (сокращение количества потребляемой свежей воды)

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
14.	Регенерация магнетитовой суспензии	**Значительные** (затраты на приобретение суспензионных ванн для осаждения угольного шлама, магнитной системы постоянных магнитов и другого необходимого оборудования) Стоимость установок обогащения в тяжелых средах: порядка миллионов рублей.	**Средние** (затраты на магнетит, свежую воду, электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Ресурсосбережение (сокращение количества потребляемой свежей воды и магнетита) Сокращение платы за сброс загрязненных сточных вод Снижение расходов на расширение очистных сооружений Снижение расхода электроэнергии на очистку сточных вод Снижение зольности товарного угля, что способствует снижению выбросов загрязняющих веществ и объемов образования золошлаковых отходов при его сжигании
15.	Базовая очистка сточных вод	**Значительные** (затраты на приобретение установок для аэрации, биологической и механической очистки воды, нефтеловушек и другого необходимого оборудования, строительство резервуаров для очистки и отстаивания) Стоимость очистных сооружений: до 30 млн руб.	**Средние** (затраты на приобретение расходных материалов, электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за сбросы загрязненных сточных вод в водные объекты

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
16.	Обеззараживание сточных вод	**Значительные** (затраты на приобретение установок для обеззараживания, фильтрующих устройств и другого необходимого оборудования, строительство вторичных отстойников)	**Средние** (затраты на приобретение расходных материалов, электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за сбросы загрязненных сточных вод в водные объекты Снижение риска возникновения массовых заболеваний
17.	Очистка ливневых и производственных вод	**Значительные** (затраты на приобретение установок для обеззараживания, фильтрующих устройств и другого необходимого оборудования, строительство вторичных отстойников)	**Средние** (затраты на приобретение расходных материалов, электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за сбросы загрязненных сточных вод в водные объекты Снижение риска затопления горизонтов разреза, что грозит приостановкой добычи угля на определенный период
18.	Физико-химическая очистка сточных вод	**Значительные** (затраты на приобретение установок для обеззараживания, фильтрующих устройств и другого необходимого оборудования, строительство вторичных отстойников)	**Средние** (затраты на приобретение расходных материалов, электроэнергию, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение платежей за сбросы загрязненных сточных вод в водные объекты Снижение риска возникновения массовых заболеваний

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
19.	Использование отходов добывающего и связанного с ним перерабатывающего производства для закладки выработанного пространства при добыче угля	**Средние** (затраты на подготовку и проектирование схемы закладки выработанного пространства, приобретение необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на приобретение расходных материалов, электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение расходов на обустройство и рекультивацию отвалов Снижение платы за размещение отходов Снижение арендной платы и налоговых отчислений за использование территории под размещение отходов Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за счет сокращения пылеобразования Ресурсосбережение (сокращение количества потребляемой свежей воды на пылеподавление) Снижение риска самовозгорания угольного отвала Снижение риска нарушения целостности отвала Снижения риска фильтрации загрязненных вод в водоносные горизонты

Продолжение таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
20.	Обустройство хвостохранилищ	**Значительные** (затраты на проектирование и строительство противофильтрационных устройств, ограждающих дамб, трубопроводов для поступления пульпы, водосбросных и дренажных устройств и других необходимых сооружений и оборудования)	**Средние** (затраты на электроэнергию, свежую воду, топливо, технологическое обслуживание и ремонт)	Снижение расходов на обезвоживание пульпы
21.	Техническая рекультивация нарушенных земель [20)]	**Значительные** (затраты на проектирование и строительство дорог, гидротехнических сооружений, приобретение необходимого оборудования)	**Значительные** (затраты на электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт оборудования)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за счет сокращения пылеобразования Снижение платежей за сбросы загрязненных сточных вод за счет обустройства водоотведения Снижение арендной платы и налоговых отчислений за пользование территорией Возврат нарушенных земель в хозяйственный оборот

[20)] Данная технология является промежуточным этапом рекультивации. Экономический эффект наступает после завершения биологического этапа рекультивации.

Окончание таблицы 35

№	НДТ	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Прямой экономический эффект
22.	Биологическая рекультивация нарушенных земель	**Средние** (затраты на разработку плана мероприятий, строительство гидротехнических сооружений, приобретение необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на расходные материалы, электроэнергию, топливо, технологическое обслуживание и ремонт оборудования)	Снижение платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за счет сокращения пылеобразования Снижение платежей за сбросы загрязненных сточных вод за счет обустройства водоотведения Снижение арендной платы и налоговых отчислений за пользование территорией Возврат нарушенных земель в хозяйственный оборот
23.	Применение средств и методов звуко- и виброзащиты	**Средние** (затраты на приобретение и установку шумозащитных конструкций, средств индивидуальной защиты и другого необходимого оборудования)	**Средние** (затраты на расходные материалы, электроэнергию, смазочные материалы, технологическое обслуживание и ремонт оборудования)	Снижение риска возникновения аварийных ситуаций, связанных с отказом оборудования или нарушением целостности горного массива Снижение риска развития профессиональных заболеваний у работников, улучшение условий труда

Перспективы снижения энергоемкости в связи с внедрением НДТ

В 2007 г. Департамент энергетики США опубликовал работу Mining Industry Energy Bandwidth Study [85], посвященную оценке возможностей снижения энергопотребления в горнодобывающей отрасли. Согласно этой публикации удельное энергопотребление (на единицу массы товарного угля) в угольной промышленности (в целом по США, с учетом как подземной, так и открытой добычи и обогащения) возможно снизить на 21 % за счет внедрения НДТ. Более того, за счет внедрения перспективных технологий (которые требуют проведения НИОКР до массового внедрения) удельное электропотребление можно снизить на 48 % по отношению к текущему уровню. Наконец, теоретический предел снижения удельного энергопотребления (если исключить потери энергии во всех технологических процессах) ниже текущего уровня на 65 %.

Данная оценка в определенной степени адекватна российским условиям, поскольку текущие уровни удельного энергопотребления на российских предприятиях сравнимы со значениями, представленными в публикации Департамента энергетики США «Energy and Environmental Profile of the U.S. Mining Industry».

Для российских угольных разрезов удельное энергопотребление (с учетом потребления электроэнергии) составляет 1,0–5,8 кг у. т. / т угля [21)]. Значения для американских угольных разрезов составляют 2,2–3,1 кг у. т. / т угля (данные по различным угольный бассейнам).

Для российских угольных шахт удельное энергопотребление (с учетом потребления электроэнергии) составляет 1,9–25,5 кг у. т. / т угля [22)]. Значения для участка американской угольной шахты, разрабатываемого методом целиков и забоев, составляет 12,9 кг у. т. / т угля.

Раздел 7. Перспективные технологии

Перспективная технология 1. Гидрозабойка и гидрогелевая забойка

Связь с иными ИТС. Дальний аналог данной перспективной технологии («Взрывы скважинных, шпуровых зарядов в гидравлической среде») предусмотрен информационно-техническим справочником по наилучшим доступным технологиям ИТС 16—2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы».

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе буровзрывных работ при добыче угля открытым способом, а также на этапах проведения горных выработок и разрушения горной породы при добыче угля подземным способом.

Описание технологии. Для пылеподавления при взрыве шпуров и скважин может осуществляться внутренняя, внешняя или комбинированная гидрозабойка. В качестве материалов для гидрозабойки обычно применяется вода, в зимний период при открытой добыче угля возможно также применять водные растворы солей NaCl и $CaCl_2$ или снежно-ледяную смесь.

Для уменьшения пылевыделения при массовых взрывах может применяться забойка скважин гидрогелем. Гидрогель изготовляют на специальном заправочном пунк-

[21)] По данным 18 анкет.

[22)] По данным 14 анкет.

те или непосредственно в баках машины, предназначенной для заполнения скважин гидрогелем.

Подробнее данная технология описана в пунктах 2.1.8.1.3 «Технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха» и 2.2.7.1.1 «Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах».

Достигаемые экологические преимущества. Применение гидрозабойки позволяет снизить концентрацию пыли в пылегазовом облаке на 20 % — 50 %.

Экономические аспекты внедрения. Обеспечение взрываемых шпуров и скважин гидрозабойкой требует значительного объема воды. Еще более дорогостоящей является гидрогелевая забойка, которая требует значительного расхода сырья (аммиачной селитры, жидкого стекла, минеральных солей, смыленных синтетических жирных кислот, парафина) и наличия специальной техники.

Перспективная технология 2. Система высокоточного позиционирования

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе производства буровых работ при добыче угля открытым способом.

Описание технологии. Устанавливается дополнительное оборудование, обеспечивающее высокую точность наведения бурового станка. Возможность производства буровых работ с применением электронного паспорта. Обеспечивается четкое соблюдение параметров буровзрывных работ в соответствии с проектом, что в сочетании с программным обеспечением, создающим трехмерную модель блока, позволяет на стадии проектирования буровых работ прогнозировать уровень негативного воздействия взрывных работ на охраняемые объекты, находящиеся вблизи разреза.

Достигаемые экологические преимущества. Возможность управлять параметрами взрыва для достижения допустимого уровня негативного воздействия взрыва.

Экономические аспекты внедрения. Внедрение системы высокоточного позиционирования на начальной стадии требует больших финансовых вложений, заключающихся в приобретении специального комплекса оборудования, датчиков, а также программных продуктов, необходимых для обработки данных, получаемых с бурового станка.

Перспективная технология 3. Применение электронных систем взрывания

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе производства взрывных работ при добыче угля открытым способом.

Описание технологии. Использование электронных систем позволяет задавать каждой скважине на взрываемом блоке любое время замедления из представленного системой диапазона. Точность срабатывания не превышает 1 мс от присвоенного времени.

Достигаемые экологические преимущества. С учетом применения данной системы, возможен подбор оптимального времени интервала замедления, при котором максимально снижаются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (в том числе неорганической пыли) и разлет отдельных кусков породы при производстве взрывных работ. Применение технологии позволяет осуществлять производство взрывных работ при расположении взрываемых блоков на удалении 200 м и более от близлежащих объектов.

Экономические аспекты внедрения. Приобретение электронных систем взрывания требует значительных затрат.

Перспективная технология 4. Орошение и пылеподавление пеной

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться при добыче угля подземным способом (на этапах выемки угля из очистного забоя и подъемно-транспортных работ), при добыче угля открытым способом (на этапах буровзрывных работ и транспортировки угля конвейерным транспортом), а также при обогащении угля (в процессе транспортировки угля и продуктов его обогащения конвейерным транспортом).

Описание технологии.

Орошение и пылеподавление пеной может осуществляться для следующих целей:

- пылеподавление при очистных работах на крутых пластах;
- пылеподавление при транспортировке угля и продуктов обогащения ленточными конвейерами;
- предварительное орошение рабочего участка (взрывного блока или экскаваторного забоя).

Подробнее данная технология описана в пунктах 2.1.8.1.3 «Технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха» и 2.2.7.1.2 «Орошение».

Достигаемые экологические преимущества. Эффективность пылеподавления пеной может достигать 90 % — 98 %. Кроме того, применение пены для снижения содержания пыли в воздухе позволяет сократить расход воды.

Экономические аспекты внедрения. Применение пены для снижения содержания пыли в воздухе требует использования специального оборудования (пеногенератора, воздушно-пенных стволов, арматуры) и материалов (олеиновой кислоты, каустической соды, глицерина). Кроме того, применение данной технологии пылеподавления приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки.

Перспективная технология 5. Безвзрывная технология разработки крепких горных пород на разрезах

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе подготовки горных пород к выемке при добыче угля открытым способом.

Описание технологии. Для рыхления горных пород в отсутствие буровзрывных работ могут применяться: навесные рыхлители для тракторов, фрезерные и стреловые комбайны, а также гидравлические экскаваторы.

Достигаемые экологические преимущества.

- Снижение эмиссии неорганической пыли и газообразных продуктов взрыва.
- Снижение сейсмического воздействия, увеличение устойчивости бортов карьера, зданий, сооружений и транспортных путей.
- Снижение трудозатрат.
- Снижение периода простоя техники и персонала, связанного с загазованностью и запыленностью разреза после массовых взрывов.
- Снижение потерь и сохранение качества добываемого сырья.

Экономические аспекты внедрения. Данная технология эффективна не для всех видов крепких горных пород. В частности, при вскрытии угольных пластов данная технология отличается меньшим удельным энергопоглощением по сравнению с буровзрывными работами.

Перспективная технология 6. Обработка дорожного полотна и отвалов связывающими веществами

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться при добыче угля открытым способом (на этапах транспортировки горной массы автомобильным транспортом и отвалообразования), при добыче угля подземным способом (на этапе отвалообразования) и при обогащении угля (на этапе отвалообразования).

Описание технологии. Верхний слой полотна автомобильных дорог или отвалов может подвергаться обработке различными материалами, связывающими пылевые частицы. К числу таких веществ относятся гигроскопические соли (хлористый кальций, поваренная соль) и органические вяжущие вещества (мазут, универсин, сульфитно-спиртовая барда).

Достигаемые экологические преимущества. Срок защитного действия при использовании связывающих веществ достигает нескольких сотен часов (по сравнению со сроком около одного часа для воды).

Экономические аспекты внедрения. Данные вещества являются гораздо более дорогостоящими по сравнению с технической водой. Кроме того, их применение способствует коррозии металла и приводит ко вторичному загрязнению — формированию загрязненных сточных вод и выделению вредных паров. Формирование загрязненных сточных вод представляется более опасным эффектом для окружающей среды по сравнению с эмиссией пыли.

Перспективная технология 7. Улавливание и утилизация шахтного метана

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе вентиляции и дегазации при добыче угля подземным способом. Она применима только для угольных шахт с высокой метанообильностью.

Описание технологии. Для улавливания метана могут применяться модульные дегазационные установки (МДУ) для каптирования метана из горных выработок (с последующим сжиганием). Для утилизации метана могут использоваться газопоршневые электростанции для выработки электроэнергии и теплоэлектростанции для производства электро- и тепловой энергии.

Достигаемые экологические преимущества. Улавливание метана с последующим сжиганием сокращает выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Извлеченный метан из угольных пластов и выработанного пространства может быть использован для производства тепловой, электрической энергии и создания продукции углехимии.

Экономические аспекты внедрения. Внедрение технологии ограничено значительными финансовыми затратами. В связи с этим на шахтах с низкой метанообильностью и низким уровнем опасности по метану применение данной технологии нецелесообразно.

Перспективная технология 8. Гидропосев и гидромульчирование

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе отвалообразования при добыче угля подземным, открытым способом и обогащении угля.

Описание технологии. Для предотвращения эрозии и снижения пыления поверхность отвалов (главным образом, откосы) могут подвергаться озеленению. Наиболее эффективным способом озеленения откосов отвалов является гидропосев, который может дополняться мульчированием (гидромульчирование). Таким образом, данная технология является временным и упрощенным аналогом биологической рекультивации

отвалов, которая осуществляется до завершения его заполнения. Она не предполагает возвращения откосов отвалов в хозяйственный оборот.

Достигаемые экологические преимущества. Применение гидромульчирования позволяет в несколько раз сократить скорость пыления и эрозии грунта. Срок действия противоэрозионных комплексов обычно составляет 3–6 мес., но иногда может достигать 36 мес.

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологии связано с регулярным расходом дорогостоящих смесей. Норма расхода мульчи может достигать 1,7–2,8 т/га, причем по истечении срока действия смеси, требуется повторная обработка поверхности.

Перспективная технология 9. Тонкая очистка сточных вод

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется для очистки сточных вод при добыче угля открытым способом, подземным способом, а также при обогащении угля. Данная технология пригодна для очистки всех видов сточных вод. **Данная технология может применяться только в дополнение к НДТ 15 «Базовая очистка сточных вод»**.

Описание технологии. Данная технология предназначена для удаления из сточных вод растворенных веществ (сульфатов, хлоридов и т. д.). Для решения этой задачи могут применяться следующие типы установок:

- установки ионного обмена;
- установки, основанные на мембранных технологиях;
- установки, основанные на прочих технологиях (восстановление, нейтрализация, адсорбция, термический, электрические методы).

Характеристики данных установок подробно описаны в 2.1.8.2.2 «Методы очистки воды».

Достигаемые экологические преимущества. Данная технология позволяет снизить содержание растворенных веществ (сульфатов, хлоридов и т. д.) в сточных водах. Средний уровень задерживания растворенных веществ обратноосмотическими мембранами достигает 97 % — 99 %.

Экономические аспекты внедрения. Недостатком технологий тонкой очистки воды является высокая стоимость их внедрения на очистных сооружениях. Данный недостаток является особенно значимым для предприятий угольной промышленности, где объемы сточных вод являются весьма значительными. Кроме того, в большинстве случаев сточные воды, образующиеся на предприятиях угольной промышленности, характеризуются относительно низким содержанием растворенных веществ, которое не превышает ПДК. В таких случаях оснащение очистных сооружений установками тонкой очистки является излишним.

Перспективная технология 10. Сухие методы обогащения угля

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться при обогащении угля.

Описание технологии. Данная технология предполагает применение установок обогащения угля без применения воды. К таким установкам относятся оборудование для пневматического, магнитного и электромагнитного обогащения угля.

Принцип работы установки пневматического обогащения угля заключается в разделении частиц по плотности в восходящем потоке воздуха. Во время сепарации происходит разделение частиц по заданной границе плотности. Установка позволяет

отделять пустую породу и высокозольный уголь от низкозольного угля. Установки пневматического обогащения могут быть достаточно компактными, поэтому в перспективе они могут быть установлены непосредственно на разрезах или в шахтах. Подробнее данная технология описана в пункте 2.3.3.4 «Сухие методы обогащения».

Принцип действия магнитных и электромагнитных сепараторов заключается в прямой зависимости между магнитной восприимчивостью угольных частиц и силой воздействия магнитного поля, под действием которого происходит разделение частиц. Данная технология описана в пункте 2.3.6.3 «Магнитное и электромагнитное обогащение».

Достигаемые экологические преимущества. Применение данной технологии в регионах с дефицитом водных ресурсов позволит сократить потребление водных ресурсов угольными предприятиями, а также сократить расход энергоресурсов на осушение продуктов обогащения. Возможность применения данной технологии для обогащения угольных шламов приведет к дополнительному снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Экономические аспекты внедрения. Технология магнитных и электромагнитных сепараторов применима для угля крупностью от 3–6 до 100 мм, необходима доработка технологии. Применение инновационных установок пневматического обогащения угля требует дополнительной апробации.

Перспективная технология 11. Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе утилизации и складирования отходов производства при добыче угля открытым способом. Данная технология может быть внедрена только на новых предприятиях угольной промышленности.

Описание технологии. Данная технология предполагает селективную разработку, складирование и укладку в отвал вскрышных пород с различными агрохимическими свойствами.

Достигаемые экологические преимущества. Данная технология позволяет снизить до минимума риски нарушения устойчивости отвалов, развития эрозионных и прочих геоморфологических процессов, которые могут привести к утере хозяйственной ценности рекультивированными отвалами.

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологи возможно только на новых угольных разрезах, где еще не были сформированы отвалы методом валовой (неселективной) укладки вскрышных пород. Кроме того, селективное извлечение вскрышных пород требует снижения высоты взрываемых уступов, что повышает расходы на проведение буровзрывных работ.

Перспективная технология 12. Использование отходов добычи и обогащения для производства строительных материалов

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе утилизации отходов производства при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Описание технологии. Данная технология предполагает использование отходов производства (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения, золошлаков и других видов отходов IV и V классов опасности.) для производства строительных мате-

риалов. Данная технология описана в пункте 2.2.7.3 «Обращение с отходами производства».

Достигаемые экологические преимущества. Производство строительных материалов из отходов производства снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет комплексного использования ресурсов, сокращает объем образования отходов производства.

Экономические аспекты внедрения. Поскольку отходы производства угольной промышленности не характеризуются гомогенным составом, из них могут производиться строительные материалы относительно низкого качества, которые имеют ограниченную область применения.

Перспективная технология 13. Использование отходов добычи и обогащения угля для производства гуминовых удобрений и препаратов

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе утилизации отходов производства при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Описание технологии. Данная технология предполагает использование отходов производства (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения) для производства гуминовых удобрений и препаратов путем химической переработки. Данная технология предполагает измельчение отходов, центрифугирование, осаждение, экстракцию и ряд промежуточных этапов.

Достигаемые экологические преимущества. Производство удобрений из отходов производства снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет комплексного использования ресурсов, сокращает объем образования отходов производства.

Экономические аспекты внедрения. Гуминовые удобрения и препараты имеют ограниченную область применения, при этом они могут быть заменены определенными видами минеральных и органических веществ.

Перспективная технология 14. Переработка угольных шламов

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на обогатительных фабриках на этапе утилизации отходов производства. Данная технология может применяться на углеобогатительных фабриках при наличии свободных площадей и развитых систем водоснабжения и водоотведения.

Описание технологии. Данная технология предполагает для обогащения угольных шламов применять метод масляной агломерации, основанный на различном смачивании угольных и породных частиц масляными реагентами в водной среде. Данная технология подробно описана в пункте 2.3.6.2 «Масляная агломерация (грануляция)».

Достигаемые экологические преимущества. Извлечение фракций угля из угольных шламов сокращает потери полезного ископаемого при добыче угля, способствует снижению объемов образования отходов производства, а также снижению загрязнения окружающей среды.

Экономические аспекты внедрения. К недостаткам данной технологии относится дороговизна связующего реагента. Для массового внедрения данной технологии необходима ее доработка, предполагающая снижение расхода масла.

Перспективная технология 15. Предварительная обработка размещаемых отходов (обезвоживание, сушка)

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться:

- на этапе утилизации отходов производства при обогащении угля (для утилизации пульпы, формирующейся в процессе обогащения угля);

- на этапе очистки сточных вод при добыче угля открытым и подземным способом, а также при обогащении угля (для утилизации осадка [ила], формирующегося на очистных сооружениях).

Описание технологии. Данная технология подразумевает предварительное обезвоживание отходов производства и осадка с очистных сооружений для последующей утилизации (путем переработки, закладки в выработанное пространство или размещения в отвалах, иловых картах). Для обезвоживания могут применяться следующие средства:

- рамные фильтр-прессы;

- осадочные центрифуги и гидроциклоны.

Данная технология подробно описана в пункте 2.3.11.3.1 «Утилизация хвостов обогащения». Для дальнейшего снижения влажности обезвоженных отходов могут применяться сушильные установки (см. 2.3.7).

Достигаемые экологические преимущества. Применение технологии снижает потребление водных ресурсов за счет включения извлеченной при осушении воды в оборотное водоснабжение, сокращает объемы отходов производства, а также необходимую площадь земель для размещения отходов, снижает объем образования загрязненных сточных вод в результате деятельности предприятия.

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологии ограничено необходимостью модернизировать производственные мощности предприятия.

Перспективная технология 16. Обезвоживание осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться для утилизации отходов очистки сточных вод при добыче угля открытым способом, подземным способом, а также при обогащении угля. Данная технология может быть применима для любых очистных сооружений.

Описание технологии. Данная технология предполагает обезвоживание осадка естественным путем обустройства иловых площадок, механического обезвоживания. В дополнение к этим процессам может применяться термическое обезвоживание осадка. Иловые площадки представляют собой обвалованные спланированные участки земли, подобные хвостохранилищам (см. 2.3.11.3.2), на которые сбрасывается сырой осадок. Механическое обезвоживание предполагает использование центрифуг, вакуум-фильтров и фильтр-прессов (см. 2.3.7). Термическое обезвоживание предполагает использование сушилок (см. 2.3.7).

Достигаемые экологические преимущества. Отстаивание осадка на иловых площадках позволяет снизить его влажность с 90 % — 99,5 % до 75 % — 80 % с соответствующим снижением массы и объема отходов. Центрифугирование позволяет снизить его влажность до 65 % — 75 %, фильтр-прессование — до 70 % — 75 %, термическая сушка ранее обезвоженного осадка — до 40 % [51].

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологии ограничено необходимостью модернизировать производственные мощности предприятия.

Перспективная технология 17. Извлечение ценных компонентов из угля и отходов обогащения

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе утилизации отходов производства при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Описание технологии. Данная технология предусматривает извлечение попутных ценных компонентов из угля и отходов обогащения (например, галлия, германия, ванадия, вольфрама, ниобия, титана, циркония и некоторых других).

Достигаемые экологические преимущества. Применение технологии направлено на комплексное использование природных ресурсов, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду, а также сокращению объемов образования отходов производства.

Экономические аспекты внедрения. Относительно невысокое содержание ценных компонентов в углях и отходах обогащения. Применение данной технологии ограничено необходимостью совершенствования и создания новых технологических схем обогащения и извлечения ценных элементов, а также дороговизной применяемых методов. Кроме того, создание ценных компонентов из угля приведет к дополнительному негативному воздействию на окружающую среду.

Перспективная технология 18. Микробиологическая рекультивация нарушенных земель

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться после окончания использования земель для основной деятельности, связанной с добычей и/или обогащением угля.

Описание технологии. Данная технология предусматривает обработку поверхности отвала бактериальным препаратом с последующим ее засеиванием травянистой растительностью, что позволяет ускорить формирование почвы. Повышение эффекта от рекультивации (рост фитомассы и численности микрофлоры) возможно за счет нанесения на поверхность источников огранического вещества (опилкок или навоза), а также за счет нанесения плодороного слоя почвы.

Достигаемые экологические преимущества. Данная технология позволяет ускорить процесс восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель при сокращении затрат на проведение рекультивации. Технология позволяет заново использовать ранее изъятые для добычи угля участки земли для сельскохозяйственных или иных видов деятельности. Данная технология препятствует эрозии почвы после этапа технической рекультивации и снижает пыление.

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологии ограничено необходимостью значительных затрат на приобретение бактериального препарата и обработку поверхности отвала.

Заключительные положения и рекомендации

Справочник НДТ разработан в соответствии с Поэтапным графиком создания в 2015–2017 г. справочников наилучших доступных технологий, утвержденным распоряжением Правительства от 31.10.2014 № 2178-р.

Для разработки справочника НДТ была сформирована техническая рабочая группа «Добыча и обогащение угля» (ТРГ 37), состав которой утвержден приказом Рос-

стандарта от 29.06.2016 № 811 «О создании технической рабочей группы «Добыча и обогащение угля».

Окончательный состав ТРГ 37 «Добыча и обогащение угля» был утвержден протоколом совещания под председательством заместителя Министра промышленности и торговли Российской Федерации В.С. Осьмакова от 18 мая 2017 года № 24-ОВ/12.

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Организация
1	Батугина Любовь Николаевна	Минэнерго России
2	Беляк Валерий Леонидович	Ростехнадзор, Управление по надзору в угольной промышленности
3	Брагин Евгений Владимирович	ООО «УГМК-Холдинг»
4	Вартанов Александр Зараирович	ИПКОН РАН
5	Григорьев Александр Владимирович	АНО «ИПЕМ»
6	Гринцев Виталий Владимирович	ФБУ «Кемеровский ЦСМ»
7	Двинянина Ольга Викторовна	АО «НИИ Атмосфера»
8	Довгялло Максим Валерьевич	АО «СУЭК»
9	Дыган Михаил Михайлович	ФБГУ «РЭА Минэнерго России»
10	Еремин Василий Александрович	ФБУ «Кемеровский ЦСМ»
11	Жариков Игорь Федорович	ИПКОН РАН
12	Ихшнели Отари Георгиевич	ННЦ ГП - ИГД им. Скочинского
13	Казаков Алексей Сергеевич	ФБГУ «ВИМС»
14	Каплунов Давид Радионович	ИПКОН РАН
15	Козлов Вадим Анатольевич	Главный технолог
16	Конев Алексей Викторович	ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
17	Костромитин Андрей Витальевич	АО ХК «СДС-Уголь»
18	Кушнир Константин Яковлевич	ООО «СГК»
19	Лавриненко Анатолий Афонасьевич	ИПКОН РАН
20	Лебедев Александр Петрович	Минпромторг России

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Организация
21	Литвинов Александр Романович	Московское представительство Группы компаний (ООО "ВостЭКО",
22	Лобанова Дина Марсовна	ОАО «Угольная компания «Северный Кузбасс»
23	Макаров Александр Александрович	ЗАО ЭКАТ
24	Макаров Александр Иванович	ООО «ЕвразХолдинг»
25	Макеенко Павел Алексеевич	ООО «УГМК-Холдинг»
26	Малинникова Ольга Николаевна	ИПКОН РАН
27	Мартынушкин Евгений Александрович	ООО «Азот Майнинг Сервис»
28	Мешалкина Татьяна Ивановна	ФБГУ «ВИМС»
29	Михальцевич Владимир Викторович	ООО «ХК КЭНЭС»
30	Муратов Евгений Владиславович	Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
31	Новак Вадим Игоревич	ООО «Коралайна Инжиниринг»
32	Опанасенко Сергей Николаевич	ООО «КАРАКАН ИНВЕСТ»
33	Павлов Михаил Александрович	ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
34	Перфильев Евгений Евгеньевич	ООО «ИнЭкА-консалтинг»
35	Петров Иван Васильевич	НП «Технологическая платформа твердых полезных ископаемых»
36	Рудаков Евгений Николаевич	АНО «ИПЕМ»
37	Самарцев Михаил Григорьевич	ООО «ХК «КЭНЭС»
38	Скок Игорь Александрович	АНО «ИПЕМ»
39	Смирнов Михаил Иванович	ННЦ ГП - ИГД им. Скочинского
40	Соболь Дмитрий Викторович	ООО «УГМК-Холдинг»
41	Степченко Татьяна Александровна	ОАО «Кузбассразрезуголь»
42	Твердов Андрей Александрович	ООО «IEEC»
43	Тощев Дмитрий Анатольевич	ФГУП «ВНИИ СМТ»

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Организация
44	Третьякова Марина Витальевна	Минэнерго России
45	Трощенков Иван Олегович	Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
46	Умаханов Магомед-Салам Ильясович	ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
47	Уткин Иван Иванович	ННЦ ГП - ИГД им. Скочинского
48	Федаш Анатолий Владимирович	ИПКОН РАН
49	Харитонов Александр Алексеевич	Ростехнадзор, Управление по надзору в угольной промышленности
50	Ходорович Константин Константинович	Минприроды
51	Чернышева Елена Николаевна	ООО «Коралайна Инжиниринг»
52	Шабловский Виктор Зенусович	ООО «УК Мечел-Майнинг»
53	Шатилов Дмитрий Александрович	«Южный Кузбасс»

Публичное обсуждение справочника НДТ проходило с 01 сентября 2017 года по 01 октября 2017 года.

Экспертиза проекта справочника НДТ была проведена профильным техническим комитетом по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии».

В целях сбора информации о применяемых на предприятиях угольной отрасли технологических процессах, оборудовании, источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду, повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была подготовлена и направлена в адрес всех крупных холдингов, осуществляющих деятельность в сфере горнодобывающей промышленности и попадающих под область распространения данного справочника НДТ, унифицированная анкета. Всего было получено 54 заполненных анкеты от предприятий. По результатам анкетирования охвачены предприятия суммарной мощностью 200 млн т угля по добыче и 77 млн т по обогащению.

В качестве основы для формирования анкет использовался ПНСТ 23—2014 (утв. приказом Росстандарта от 30.12.2014 № 9-ПНСТ) [23)]. Сведения, полученные в результате анкетирования, были использованы при разработке настоящего справочника НДТ. Разделы настоящего справочника были составлены в соответствии со следующими документами:

- ГОСТ Р 56828.1—2015 [86];

[23)] ГОСТ 56828.13—2016, введенный взамен ПНСТ 23—2014 был утвержден 25 октября 2016 года, т.е. уже на этапе получения и обработки анкет от предприятий.

- ГОСТ Р 56828.8—2015 [87];
- ГОСТ Р 56828.11—2015 [88];
- ГОСТ Р 56828.13—2016 [2];
- ГОСТ Р 56828.14—2016 [1];
- ГОСТ Р 56828.15—2016 [3].

Справочник НДТ подготовлен также с учетом материалов межотраслевого («горизонтального») ИТС 16—2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы», который был разработан и утвержден в 2016 г. [82], справочника Европейского союза по НДТ в сфере обращения с отходами и пустыми породами горнодобывающей промышленности (Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities [89]) и проекта справочника Европейского союза по НДТ в сфере обращения с отходами горнодобывающих производств (Management of Waste from the Extractive Industries).

Рекомендуется продолжать дальнейшую работу в следующих направлениях:

- сбор и уточнение данных о капитальных и эксплуатационных затратах, связанных с освоением НДТ и перспективных технологий;

- сбор данных о технических и экономических параметрах технологий, связанных с обеспечением охраны труда на предприятиях угольной промышленности.

Приложение А
(справочное)

Коды ОКВЭД и ОКПД, соответствующие области применения настоящего справочника НДТ

Таблица А.1 — Коды ОКВЭД и ОКПД, соответствующие области применения настоящего справочника НДТ

Код и наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД 2 и наименование вида деятельности
05 Уголь 05.1 Уголь 05.10 Уголь 05.10.1 Уголь 05.10.10 Уголь 05.10.10.110 Антрацит 05.10.10.120 Уголь коксующийся 05.10.10.121 Уголь коксующийся марки ГЖО — газовый жирный отощенный 05.10.10.122 Уголь коксующийся марки ГЖ — газовый жирный 05.10.10.123 Уголь коксующийся марки Ж — жирный 05.10.10.124 Уголь коксующийся марки КЖ — коксовый жирный 05.10.10.125 Уголь коксующийся марки К — коксовый 05.10.10.126 Уголь коксующийся марки КО — коксовый отощенный 05.10.10.127 Уголь коксующийся марки КС — коксовый слабоспекающийся 05.10.10.128 Уголь коксующийся марки ОС — отощенный спекающийся 05.10.10.130 Уголь, за исключением антрацита, угля коксующегося и угля бурого 05.10.10.131 Уголь марки Д — длиннопламенный 05.10.10.132 Уголь марки ДГ — длиннопламенный газовый 05.10.10.133 Уголь марки Г — газовый 05.10.10.134 Уголь марки КСН — коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный 05.10.10.135 Уголь марки ТС — тощий спека-	05 Добыча угля Эта группировка включает: - добычу твердого минерального топлива подземным или открытым способом и виды работ (например, гранулирование, очистку, прессовку и прочие операции, необходимые для перевозки добываемого сырья и т. д.) для получения продукции, пригодной для сбыта 05.1 Добыча и обогащение угля и антрацита 05.10 Добыча и обогащение угля и антрацита Эта группировка включает: - добычу угля: добычу подземным или открытым способом; - обогащение, классификацию, грохочение, измельчение, прессование и т. д. угля для улучшения его качества, облегчения перевозки или хранения Эта группировка также включает: - извлечение каменного угля из отвалов 05.10.1 Добыча угля и антрацита 05.10.11 Добыча антрацита открытым способом 05.10.12 Добыча коксующегося угля открытым способом 05.10.13 Добыча угля, за исключением антрацита, угля коксующегося и угля бурого, открытым способом

Продолжение таблицы А.1

Код и наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД 2 и наименование вида деятельности
ющийся 05.10.10.136 Уголь марки СС — слабоспекающийся 05.10.10.137 Уголь марки Т — тощий 05.10.10.140 Уголь и антрацит обогащенные 05.10.10.141 Антрацит обогащенный 05.10.10.142 Уголь коксующийся обогащенный 05.10.10.143 Уголь обогащенный, за исключением антрацита, угля коксующегося и угля бурого (лигнита) 05.2 Уголь бурый (лигнит) 05.20 Уголь бурый (лигнит) 05.20.1 Уголь бурый (лигнит) 05.20.10 Уголь бурый (лигнит) 05.20.10.110 Уголь бурый рядовой (лигнит) 05.20.10.120 Уголь бурый обогащенный (лигнит) 05.20.10.130 Концентрат бурого угля (лигнита)	05.10.14 Добыча антрацита подземным способом 05.10.15 Добыча коксующегося угля подземным способом 05.10.16 Добыча угля, за исключением антрацита, угля коксующегося и угля бурого, подземным способом 05.10.2 Обогащение угля 05.10.21 Обогащение антрацита 05.10.22 Обогащение коксующегося угля 05.10.23 Обогащение угля, кроме антрацита, угля коксующегося и угля бурого 05.2 Добыча и обогащение бурого угля (лигнита) 05.20 Добыча и обогащение бурого угля (лигнита) Эта группировка включает: - добычу бурого угля (лигнита) подземным или открытым способом, включая добычу путем плавления; - промывку, просушку, дробление, прессовку бурого угля (лигнита) для улучшения качества, облегчения перевозки или хранения 05.20.1 Добыча бурого угля (лигнита) 05.20.11 Добыча бурого угля (лигнита) открытым способом 05.20.12 Добыча бурого угля (лигнита) подземным способом 05.20.2 Обогащение бурого угля (лигнита)
09 Услуги в области добычи полезных ископаемых (за исключением некоторых видов деятельности) 09.9 Услуги в горнодобывающем производстве прочие 09.90 Услуги в горнодобывающем производстве прочие 09.90.1 Услуги в горнодобывающем производ-	09.90 Предоставление услуг в других областях добычи полезных ископаемых (за исключением некоторых видов деятельности) Эта группировка включает: - предоставление вспомогательных услуг за вознаграждение или на договорной основе для горнодобывающих

Окончание таблицы А.1

Код и наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД 2 и наименование вида деятельности
стве прочие Эта группировка включает: - технические услуги за вознаграждение или на контрактной основе, необходимые для горнодобывающего производства, классифицируемого в разделах 05, 07 и 08, такие как откачка шахт 09.90.11 Услуги в горнодобывающем производстве прочие 09.90.19 Услуги в горнодобывающем производстве, не включенные в другие группировки Виды продукции 09.90.11.110 (услуги по откачке шахт), 09.90.11.120 (услуги по структурно-поисковому бурению, связанные с горным промыслом), 09.90.11.130 (услуги геологоразведочные, связанные горным промыслом) не входят в область применения настоящего справочника НДТ	предприятий, см. 05, 07 и 08; - услуги по дренажу и откачиванию воды насосами за вознаграждение или на договорной основе; Виды деятельности «услуги по разведке, например традиционные методы разведки, такие как взятие образцов грунта и проведение геологических изысканий на предполагаемых участках бурения» и «пробное бурение скважин и поисково-разведочное бурение» не входят в область применения настоящего справочника НДТ

Приложение Б
(обязательное)

Перечень маркерных веществ

Таблица Б.1 — Перечень маркерных веществ

Воздействие	Маркерные вещества/показатели
Добыча угля подземным способом	
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Пыль неорганическая
Сбросы сточных вод	Взвешенные вещества
	Нефть и нефтепродукты
	Железо
	Кислотность воды (pH)
Добыча угля открытым способом	
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Пыль неорганическая
Сбросы сточных вод	Взвешенные вещества
	Нефть и нефтепродукты
	Железо
	Кислотность воды (pH)
Обогащение угля	
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Пыль неорганическая
Сбросы сточных вод	Взвешенные вещества
	Нефть и нефтепродукты
	Железо
	Кислотность воды (pH)

Приложение В
(обязательное)

Перечень технологических показателей

Таблица В.1 — Технологические показатели выбросов маркерных веществ

Вид деятельности	Маркерное вещество	Технологический показатель, г/т[1)]
Добыча угля подземным способом	Пыль неорганическая	≤85,0
Добыча угля открытым способом	Пыль неорганическая	≤598,0
Обогащение угля	Пыль неорганическая	≤23,3
Обогащение угля[2)]	Пыль неорганическая	≤144,0
[1]Технологический показатель для добычи указан на тонну добытого угля, для обогащения — на тонну обогащенного угля [2]Для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля		

Таблица В.2 — Технологические показатели сбросов маркерных веществ (показателей)

Вид деятельности	Маркерное вещество (показатель)	Технологический показатель, г/т[1)]
Добыча угля подземным способом	кислотность воды	5,5–9 pH
	взвешенные вещества	≤98,0
	железо	≤2,3
	нефть и нефтепродукты	≤0,7
Добыча угля открытым способом	кислотность воды	5,5–9 pH
	взвешенные вещества	≤286,6
	железо	≤25,7
	нефть и нефтепродукты	≤0,7
[1]Технологический показатель указан на тонну добытого угля		

Приложение Г
(обязательное)

Перечень НДТ

№ НДТ	Наименование НДТ
НДТ 1	Внедрение систем экологического менеджмента (СЭМ)
НДТ 2	Производственный контроль и экологический мониторинг
НДТ 3	Пылеподавление в очистном забое
НДТ 4	Пылеподавление и снижение образования пыли при буровзрывных работах
НДТ 5	Орошение пылящих поверхностей
НДТ 6	Применение пылеулавливающих установок
НДТ 7	Управление содержанием метана в горных выработках
НДТ 8	Противодействие самовозгоранию угля, склонного к окислению
НДТ 9	Противодействие смерзанию угля
НДТ 10	Формирование пожаробезопасных отвалов
НДТ 11	Шахтный водоотлив и водоотвод
НДТ 12	Карьерный водоотлив и водоотвод
НДТ 13	Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения
НДТ 14	Регенерация магнетитовой суспензии
НДТ 15	Базовая очистка сточных вод
НДТ 16	Обеззараживание сточных вод
НДТ 17	Очистка ливневых и производственных вод
НДТ 18	Физико-химическая очистка сточных вод
НДТ 19	Использование отходов добывающего и связанного с ним перерабатывающего производства для закладки выработанного пространства при добыче угля
НДТ 20	Обустройство хвостохранилищ
НДТ 21	Техническая рекультивация нарушенных земель
НДТ 22	Биологическая рекультивация нарушенных земель
НДТ 23	Применение средств и методов звуко- и виброзащиты

Приложение Д
(обязательное)

Энергоэффективность

Перспективы снижения энергоемкости в связи с внедрением НДТ

В 2007 г. Департамент энергетики США опубликовал работу Mining Industry Energy Bandwidth Study [85], посвященную оценке возможностей снижения энергопотребления в горнодобывающей отрасли. Согласно этой публикации удельное энергопотребление (на единицу массы товарного угля) в угольной промышленности (в целом по США, с учетом как подземной, так и открытой добычи и обогащения) возможно снизить на 21 % за счет внедрения НДТ. Более того, за счет внедрения перспективных технологий (которые требуют проведения НИОКР до массового внедрения) удельное электропотребление можно снизить на 48 % по отношению к текущему уровню. Наконец, теоретический предел снижения удельного энергопотребления (если исключить потери энергии во всех технологических процессах) ниже текущего уровня на 65 %.

Данная оценка в определенной степени адекватна российским условиям, поскольку текущие уровни удельного энергопотребления на российских предприятиях сравнимы со значениями, представленными в публикации Департамента энергетики США Energy and Environmental Profile of the U.S. Mining Industry.

Для российских угольных разрезов удельное энергопотребление (с учетом потребления электроэнергии) составляет 1,0–5,8 кг у. т./т угля [24)]. Значения для американских угольных разрезов составляют 2,2–3,1 кг у. т./т угля (данные по различным угольный бассейнам).

Для российских угольных шахт удельное энергопотребление (с учетом потребления электроэнергии) составляет 1,9–25,5 кг у. т./т угля [25)]. Значения для участка американской угольной шахты, разрабатываемого методом целиков и забоев, составляет 12,9 кг у. т./т угля.

Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Энергоэффективность в угольной промышленности обеспечивается применением технологий ресурсосбережения и энергосбережения, подробно рассмотренных в разделе 5 «Наилучшие доступные технологии».

Таблица Д.1 – НДТ, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Наименование НДТ	Номер НДТ
Внедрение систем экологического менеджмента (СЭМ)	НДТ 1
Противодействие самовозгоранию угля, склонного к окислению	НДТ 8

[24)] По данным 18 анкет.

[25)] По данным 14 анкет.

Наименование НДТ	Номер НДТ
Противодействие смерзанию угля	НДТ 9
Шахтный водоотлив и водоотвод	НДТ 11
Карьерный водоотлив и водоотвод	НДТ 12
Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения	НДТ 13
Регенерация магнетитовой суспензии	НДТ 14
Использование отходов добывающего и связанного с ним перерабатывающего производства для закладки выработанного пространства при добыче угля	НДТ 19
Обустройство хвостохранилищ	НДТ 20
Техническая рекультивация нарушенных земель	НДТ 21
Биологическая рекультивация нарушенных земель	НДТ 22

Экономические аспекты, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Неоптимальное функционирование энергосистем предприятия может привести к росту затрат на электроэнергию и энергетические ресурсы.

Основной вклад в повышение энергоэффективности и ресурсосбережения вносит внедрение систем энергетического менеджмента

Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления:

- Орошение и пылеподавление пеной;
- Улавливание и утилизация шахтного метана;
- Гидропосев и гидромульчирование;
- Сухие методы обогащения угля;
- Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород;
- Использование отходов добычи и обогащения для производства строительных материалов;
- Использование отходов добычи и обогащения угля для производства гуминовых удобрений и препаратов;
- Переработка угольных шламов;
- Извлечение ценных компонентов из угля и отходов обогащения;
- Микробиологическая рекультивация нарушенных земель.

Приложение Е
(справочное)

Технологическое оборудование

Таблица Е.1 — Основное оборудование для добычи и обогащения угля

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Добыча угля подземным способом	
Выемочная машина	Добыча угля из подготовленной лавы
Комбайн проходческий	Проведение и крепление горных выработок
Конвейер ленточный	Транспортировка горной массы конвейерным транспортом
Конвейер скребковый лавный	Транспортировка горной массы конвейерным транспортом
Крепь	Крепление пород кровли
Буровая установка	Бурение взрывных скважин
Насосная установка	Осушка скважин
Вентиляционное оборудование: - вентиляторы (дутьевые, осевые, радиальные центробежные); - турбовоздуходувки	Подача, выдача воздуха из шахты
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования
Дегазационная установка	Каптирование метана из угольного пласта или из выработанного пространства (с последующим сжиганием)
Установка главного водоотлива	Откачка воды из выработок на поверхность
Кабелеукладчик	Прокладка силового кабеля
Лебедка	Перемещение горно-шахтного оборудования
Погрузочная машина	Погрузка горной массы
Перегружатель	Перегрузка горной массы с одного транспорта на другой
Бульдозер	Погрузочные работы
Скреперная установка	Погрузочные работы
Шахтный подъемник	Подъем горной породы из шахты на поверхность

Продолжение таблицы Е.1

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - лифт; - таль; - тельфер	Подъемно-транспортные и монтажные работы
Электровоз	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках
Вагонетка	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках
Вагон самоходный	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках
Центробежный насос	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение
Подвесная монорельсовая дорога	Транспортировка оборудования
Автосамосвал карьерный	Транспортировка горной породы на поверхности
Погрузчик (породопогрузочная машина)	Транспортировка и складирование угля
Питатель	Регулируемая подача горной породы
Датчики метана	Контроль содержания метана в воздухе
Система аэрогазового контроля	Контроль параметров рудничного воздуха
Контрольно-измерительное оборудование	Учет массы транспортируемого угля. Контроль расхода ресурсов
Осланцеватели, огнепреградители	Осланцевание горных выработок (подача инертной пыли). Гашение распространения пламени
Калориферы	Подогрев потока вентиляционного воздуха на входе в шахту
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей
Добыча угля открытым способом	
Бульдозер	Зачистка блока при буровзрывных работах, механическое рыхление, выемочно-погрузочные работы, ремонт автодорог, перемещение рельсошпальной решетки, складирование угля, отгрузка угля, планировка отвалов
Буровая установка	Бурение взрывных скважин

Продолжение таблицы Е.1

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Вакуумная машина, передвижная насосная установка	Осушка скважин
Смесительно-зарядная машина	Доставка взрывчатых веществ и заряжание скважин
Забоечная машина	Забойка скважин
Трактор	Транспортировка буровой техники
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - таль; - тельфер; - автоподъемник	Подъемно-транспортные и монтажные работы
Гидромонитор	Гидравлическое разрушение пород
Одноковшовый экскаватор с механической лопатой	Выемочно-погрузочные работы
Одноковшовый экскаватор с канатной связью (драглайн)	Выемочно-погрузочные работы
Многоковшовый экскаватор	Выемочно-погрузочные работы непрерывного характера
Перегружатель	Обеспечение связи между многоковшовым экскаватором и конвейером (или отвалообразователем)
Погрузчик колесный	Выемочно-погрузочные работы, складирование угля, отгрузка угля, формирование отвалов
Карьерный автосамосвал	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) автомобильным транспортом. Автосамосвалы малой грузоподъемности могут использоваться для вспомогательных работ (например, для доставки взрывчатых веществ)
Грейдер	Ремонт автодорог
Скрепер	Строительство и ремонт автодорог: снятие почвенно-растительного слоя, снятие снежных наносов, доставка щебня для ремонта дорог. Может ограниченно применяться при выемочно-погрузочных работах
Щебнеразбрасывающая машина	Ремонт автодорог
Локомотив	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов): обеспечение тяги железнодорожных составов с думпкарами
Железнодорожный вагон	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) железнодорожным транспортом

Продолжение таблицы Е.1

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Толкатель	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте
Устройство маневровое	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте
Путевая машина	Обслуживание железнодорожных путей
Конвейер	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) конвейерным транспортом
Насосная установка	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение
Погрузочный комплекс	Отгрузка угля в железнодорожные составы, в том числе с предварительной сортировкой и дроблением
Кабелепередвижчик	Перемещение кабелей на участках открытых горных работ
Автомобиль специального назначения	Ремонт оборудования. Измерение состава и параметров проб углей. Транспортировка оборудования. Транспортировка строительных материалов. Транспортировка топлива и заправка оборудования. Откачка и транспортировка ила
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования
Система аэрогазового контроля	Контроль параметров воздуха на участках открытых горных работ
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей
Обогащение угля	
Калориферы	Подогрев воздуха, поступающего в помещения
Устройства для передвижения вагонов (локомотив, толкатель, устройство маневровое)	Маневровые операции при разгрузке и погрузке железнодорожных полувагонов
Вагоноопрокидыватель	Разгрузка железнодорожных полувагонов
Рыхлитель	Рыхление слежавшихся или смерзшихся грузов
Железоотделитель	Удаление ферромагнитных предметов из разгруженного угля
Барабанный магнитный (электромагнитный) сепаратор	Регенерация суспензии

Продолжение таблицы Е.1

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Грохот (сортировочная установка)	Подготовительная классификация углей (подготовительное грохочение). Отмывка от магнетитовой суспензии и обезвоживание крупного концентрата, промпродукта, породы. Обесшламливание и разделение товарных классов углей
Барабанный грохот-дробилка	Отделение негабаритов и крупных посторонних предметов (предварительное грохочение)
Установка дробильно-сортировочная	Дробление и сортировка углей по крупности
Классификатор	Классификация углей (сортировка по крупности)
Дробилка	Дробление угля. Получение товарных классов углей
Перегружатель	Перегрузка угля из бункеров на конвейеры
Питатель	Равномерная подача горной массы из бункера в основное оборудование
Конвейер	Перемещение рядовых углей в корпус обогащения. Перемещение товарных классов углей и отходов
Сепаратор тяжелосредный	Обогащение
Гидроциклон	Обогащение угля. Классификация угольного шлама. Сгущение отходов магнитной сепарации
Отсадочная машина	Обогащение
Концентрационный стол, шлюз, желоб, винтовой сепаратор	Обогащение
Сепаратор противоточный	Обогащение
Установка сухого обогащения	Обогащение
Флотомашина	Обогащение угольного шлама
Вакуум-фильтр, гипербар-фильтр	Обезвоживание флотоконцентрата
Труба-сушилка, барабанная сушилка	Термическая сушка флотоконцентрата
Спиральный сепаратор	Обогащение угольного шлама
Гидросайзер (гидроклассификатор)	Классификация угольного шлама
Дуговое сито	Обесшламливание. Отмывка и обезвоживание мелкой породы
Насос	Перекачка воды, угольных и магнетитовых суспензий
Элеватор обезвоживающий	Обезвоживание угля
Сгуститель (радиальный, пластинчатый)	Осветление шламовых вод. Сгущение шлама

Окончание таблицы Е.1

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Центрифуга	Обезвоживание мелкого концентрата
Фильтры (фильтр-прессы, гипербар-фильтры)	Обезвоживание угольного шлама
Установка брикетирования угля	Брикетирование
Погрузчик	Транспортировка разгруженного угля. Складирование угля
Экскаватор	Складирование и погрузка угля
Штабелеукладчик	Укладка угля в штабели
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования
Контрольно-измерительное оборудование	Учет массы транспортируемого угля, Контроль расхода ресурсов
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - лифт; - таль; - тельфер	Подъемно-транспортные и монтажные работы
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей и продуктов обогащения
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей и продуктов обогащения
Калориферы	Подогрев воздуха, поступающего в шахту или помещения

Таблица Е.2 — Природоохранное оборудование для добычи и обогащения угля

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Добыча угля подземным способом	
Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, водяные оросители	Орошение (в том числе предварительное) угольного массива, очистных забоев и других пылящих поверхностей
Водовоздушный эжектор	Пылеподавление при передвижке секций механизированной крепи
Ствол воздушно-пенный, пеногенератор, пенообразователь	Пылеподавление пеной при очистных работах

Продолжение таблицы Е.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Пылеулавливающая установка	Улавливание пыли при проведении буровых, выемочно-погрузочных работ и транспортировке угля конвейерным способом
Шахтный водосборник	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель с взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)
Нефтеловушка и аналогичные устройства (боновое заграждение, боновый фильтр)	Очистка сточных вод от нефтепродуктов
Флотационная машина	Очистка сточных вод от взвешенных веществ (крупных и мелкодисперсных), нефтепродуктов, железа, масел и ПАВ
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод
Засыпной сорбционный фильтр	Доочистка сточных вод
Установка аэрации воды (аэратор)	Очистка сточных вод от железа
Установка флотации, фильтрации и обеззараживания	Комплексная очистка сточных вод
Отвалообразователь непрерывного действия	Формирование отвалов
Добыча угля открытым способом	
Бульдозер	Зачистка блока при буровзрывных работах, механическое рыхление, выемочно-погрузочные работы, ремонт автодорог, перемещение рельсошпальной решетки, складирование угля, отгрузка угля, планировка отвалов
Буровая установка	Бурение взрывных скважин
Вакуумная машина, передвижная насосная установка	Осушка скважин
Смесительно-зарядная машина	Доставка взрывчатых веществ и заряжание скважин
Забоечная машина	Забойка скважин
Трактор	Транспортировка буровой техники

Продолжение таблицы Е.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - таль; - тельфер; - автоподъемник	Подъемно-транспортные и монтажные работы
Гидромонитор	Гидравлическое разрушение пород
Одноковшовый экскаватор с механической лопатой	Выемочно-погрузочные работы
Одноковшовый экскаватор с канатной связью (драглайн)	Выемочно-погрузочные работы
Многоковшовый экскаватор	Выемочно-погрузочные работы непрерывного характера
Перегружатель	Обеспечение связи между многоковшовым экскаватором и конвейером (или отвалообразователем)
Погрузчик колесный	Выемочно-погрузочные работы, складирование угля, отгрузка угля, формирование отвалов
Карьерный автосамосвал	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) автомобильным транспортом. Автосамосвалы малой грузоподъемности могут использоваться для вспомогательных работ (например, для доставки взрывчатых веществ)
Грейдер	Ремонт автодорог
Скрепер	Строительство и ремонт автодорог: снятие почвенно-растительного слоя, снятие снежных наносов, доставка щебня для ремонта дорог. Может ограниченно применяться при выемочно-погрузочных работах
Щебнеразбрасывающая машина	Ремонт автодорог
Локомотив	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов): обеспечение тяги железнодорожных составов с думпкарами
Железнодорожный вагон	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) железнодорожным транспортом

Продолжение таблицы Е.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Толкатель	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте
Устройство маневровое	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте
Путевая машина	Обслуживание железнодорожных путей
Конвейер	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) конвейерным транспортом
Насосная установка	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение
Погрузочный комплекс	Отгрузка угля в железнодорожные составы, в том числе с предварительной сортировкой и дроблением
Кабелепередвижчик	Перемещение кабелей на участках открытых горных работ
Автомобиль специального назначения	Ремонт оборудования Измерение состава и параметров проб углей. Транспортировка оборудования. Транспортировка строительных материалов. Транспортировка топлива и заправка оборудования. Откачка и транспортировка ила
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования
Система аэрогазового контроля	Контроль параметров воздуха на участках открытых горных работ
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей
Калориферы	Подогрев воздуха, поступающего в помещения
Обогащение угля	
Пылеуловитель	Улавливание пыли технологических газов и воздуха на сушильных установках, в системах промышленной вентиляции и аспирации УОФ

Окончание таблицы Е.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования
Аппарат мокрой газоочистки	Окончательная очистка запыленных газов мокрым способом в системах аспирации и промышленной вентиляции УОФ
Зумпф	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель со взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)
Нефтеловушка и аналогичные устройства (боновое заграждение, боновый фильтр)	Очистка сточных вод от нефтепродуктов
Флотационная машина	Очистка сточных вод от взвешенных веществ (крупных и мелкодисперсных), нефтепродуктов, железа, масел и ПАВ
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод
Засыпной сорбционный фильтр	Доочистка сточных вод
Установка аэрации воды (аэратор)	Очистка сточных вод от железа
Установка флотации, фильтрации и обеззараживания	Комплексная очистка сточных вод

Библиография

[1] ГОСТ Р 56828.14—2016 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.

[2] ГОСТ Р 56828.13—2016 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

[3] ГОСТ Р 56828.15—2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

[4] Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7—ФЗ «Об охране окружающей среды» (в редакции Федерального закона от 3 июля 2016 г. № 358—ФЗ).

[5] Приказ Росстандарта от 29.06.2016 г. № 811 «О создании технической рабочей „Добыча и обогащение угля“».

[6] Федеральный закон от 21.07.2014 № 219—ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

[7] Распоряжение Правительства РФ от 19.03.2014 г. № 398—р «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий».

[8] Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2014 г. № 2178—р «О поэтапном графике создания в 2015—2017 годах справочников наилучших доступных технологий».

[9] ОК 029—2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утв. приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14) (ред. от 07.10.2016).

[10] ОК 034—2014 (КПЕС 2008). Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (утв. приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14) (ред. от 07.10.2016).

[11] Рашевский В. В., Артемьев В. Б., Силютин С. А. Качество углей ОАО «СУЭК» (Серия «Библиотека горного инженера». Т. 5. Кн. 1). — М. : Кучково поле, 2011. — 576 с.

[12] ГОСТ 25543—2013 Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам, с изменениями.

[13] ГОСТ 19242—73 Угли бурые, каменные и антрацит. Классификация по размеру кусков, с изменениями.

[14] BP Statistical Review of World Energy 2016 / BP. — URL: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru

[15] О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 г. Государственный доклад / гл. ред. Е. А. Киселев ; Минприроды России. — М. : Минерал-Инфо, 2015.

[16] Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования ТЭК в 2016 г. Задачи на среднесрочную перспективу / Минэнерго России. — URL: gost.e-ecolog.ru

[17] Производство важнейших видов промышленной продукции по отраслям экономики за январь-декабрь 2016 г. / Росстат, НИУ ВШЭ. — URL: gost.e-ecolog.ru

[18] ТЭК России — 2015 / Аналитический центр при Правительстве России. — URL: gost.e-ecolog.ru

[19] Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации за 2016 г. : бюллетень / Фед. Там. Служба Рос. Федерации. — URL: gost.e-ecolog.ru

[20] Об отрасли. Уголь / Минэнерго России. — URL: gost.e-ecolog.ru node/433.

[21] Поставки российского угля / Минэнерго России. — URL: gost.e-ecolog.ru

[22] Добыча угля / Минэнерго России. — URL: gost.e-ecolog.ru

[23] Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. — М. : Изд-во Московского государственного горного университета, 2006. — Т. 1. Обогатительные процессы. — 417 с.

[24] Горное дело. Терминологический словарь / под науч. Ред. акад. РАН К. Н. Трубецкого, чл.-корр. РАН Д. Р. Каплунова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство «Горная книга», 2016. — 635 с.

[25] ГОСТ 17321—2015 Уголь. Обогащение. Термины и определения.

[26] Турченко В. К., Байдал А. К. Технология и оборудование для обогащения углей. — М. : Недра, 1995. — 360 с.

[27] ТЭК России — 2016. Статистический сборник. / Аналитический центр при правительстве России. URL: gost.e-ecolog.ru

[28] Переработка и обогащение угля / Минэнерго России. — URL: gost.e-ecolog.ru .ru/node/436.

[29] Производство основных видов продукции в натуральном выражении с 2010 г. по 2016 г. (оперативные данные в соответствии с ОКПД) / ЕМИСС ; Росстат. — URL gost.e-ecolog.ru

[30] Певзнер, М. Е. Горная экология. — М. : Изд-во МГГУ, 2003.

[31] Состояние охраны окружающей среды в угольной промышленности в 2016 г. / ООО «МНИИЭКО ТЭК». — 2017.

[32] Приказ Ростехнадзора от 04.03.2016 г. № 83 «Об утверждении Руководства по безопасности „Рекомендации по прогнозу и выбору мер, направленных на снижение запыленности рудничного воздуха в угольных шахтах“».

[33] Васючков, Ю. Ф. Горное дело. — М. : Недра, 1990.

[34] Покровский Н. М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Технология сооружения горизонтальных выработок и тоннелей. Ч. I. — Изд. 6, перераб. и доп. — М. : Недра, 1977. — 400 с.

[35] Егоров, П. В. и др. Основы горного дела. — М. : Изд-во МГГУ, 2006.

[36] Семенченко, А. К. и др. Перспективы создания проходческих комбайнов нового технического уровня // Горная техника : каталог-справочник. — 2005. — № 7.

[37] Горная энциклопедия. В 5 т. Т. 3/ гл. ред. Е. А. Козловский. — М. : Сов. энцикл., 1984–1991.

[38] Комплексная механизация и автоматизация очистных работ в угольных шахтах / под общ. ред. Б. Ф. Братченко. — М. : Недра, 1977. — с. 415.

[39] Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт : утв. пер. зам. Минуглепрома СССР А. П. Фисуном 21.02.1986.

[40] Приказ Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности „Правила безопасности в угольных шахтах“».

[41] Долгий, И. Е., Силантьев, А. А. Основы горного производства : учеб. пособие. — СПб. : СПбГИ (ТУ). — 2003. — URL: gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

[42] Вентиляция шахт и рудников : учеб. пособие / В. И. Голинько, Я. Я. Лебедев, О. А. Муха. — Днепропетровск : Национальный горный университет, 2012. — 266 с.

[43] Свод правил СП 91.13330.2012. Подземные горные выработки : утв. приказом Минрегиона России от 31.06.2012 № 283.

[44] Нормативы по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов : утв. Госпроматомнадзором СССР 15.06.1990, М-вом угольной промышленности СССР 25.06.1990.

[45] Взрывоопасность угольных шахт / А. Т. Айруни, Ф. С. Клебанов, О. В. Смирнов (Серия «Библиотека горного инженера». Т. 9 «Рудничная аэрология». Кн. 2). — М. : Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. — 264 с.

[46] Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело : учеб. для вузов. / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин и др. ; под общ. ред. К. З. Ушакова. — 2-е изд., стер. — М. : МГГУ, 2002. — 487 с.

[47] СанПиН 2.1.5.980—00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод.

[48] Постановление Правительства РФ от 30.12.2006 г. № 881 «О порядке утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты».

[49] Калицун, В. И. Основы водоснабжения и канализации. — М. : Стройиздат, 1977.

[50] ИТС 8—2015 Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. — М. : Бюро НДТ, 2015.

[51] Яковлев, С. В., Карелин, Я. А., Жуков, А. И. и др. Канализация : учебник для вузов. — Изд. 5, перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1975.

[52] Баландина А. Г. и др. Развитие мембранных технологий и возможность их применения для очистки сточных вод предприятий химии и нефтехимии // Нефтегазовое дело. — 2015. — № 5.

[53] Орлов, В. А. Озонирование воды. — М. : Стройиздат, 1984. — 88 с.

[54] Методика расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей) / Нац. науч. центр горного производства, Ин-т горного дела им. А. А. Скочинского. — Люберцы, 1999.

[55] Мальгин, О. Н. и др. Основные способы снижения выбросов пыли и газов при выполнении массовых взрывов в карьере Мурунтау // Горная промышленность. —

2002. — № 4. — URL: gost.e-ecolog.ru

[56] Шемякин, С. А., Мамаев, Ю. А., Иванченко, С. Н. Новые технологии открытой разработки месторождений. — Хабаровск : ХГТУ, 2003.

[57] Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 2. Технология и комплексная механизация. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1985. — 549 с.

[58] Селюков, А. В. Оценивание землеемкости угольных разрезов изменением системы открытой разработки // Известия Уральского государственного горного университета. — 2016. — Вып. 3 (43). — С. 82–86.

[59] ПОТ РО-14000-007—98. Положение. Охрана труда при складировании материалов: утв. Департаментом экономики машиностроения Минэкономики РФ 25.02.1998.

[60] Земсков, А. Н., Полетаев, И. Г. Погрузочные, погрузочно-сортировочные и дробильно-сортировочные комплексы для угольных карьеров // Горная промышленность. — 2006. — № 2. — URL: gost.e-ecolog.ru

[61] Катанов, И. Б., Скачилов, П. Г. Совершенствование конструкции скважинного заряда с пеногелевой забойкой // Вестник КузГТУ. — 2015. — № 5. — С. 43–46.

[62] ВНТП 2—92 Временные нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов : утв. Комитетом угольной промышленности Минтопэнерго России 08.12.1992.

[63] Руководство по борьбе с пылью и пылевзрывозащите на угольных и сланцевых разрезах : утв. М-вом угольной промышленности СССР 26.04.1990.

[64] Reference Document on Economics and Cross-Media Effects / European IPPC Bureau. — URL: gost.e-ecolog.ru

[65] Чуянов, Г. Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды : учебник для вузов. — М. : Недра, 1987. — 260 с.

[66] Руденко, К. Г., Шемаханов, М. М. Обезвоживание и пылеулавливание. — М. : Недра, 1981. — 352 с.

[67] ОДМ 218.2.078—2016 Методические рекомендации по выбору конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования : утв. Росавтодором 05.10.2016, № 2032-р.

[68] Жирнов, Б. С., Хайбуллин, А. А., Сычков, П. А. и др. Кинетика извлечения гуминовых кислот из бурого угля Тюльганского месторождения // Башкирский химический журнал. — 2009. — № 2. — С. 169–172.

[69] Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries. Draft document (June 2016) / Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies. Sustainable Production and Consumption Unit.

[70] Федеральный закон РФ от 31.07.1998 г. № 155—ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации», п. 3 ст. 37.

[71] ГОСТ 10100—75 Угли каменные и антрацит. Метод определения обогатимости.

[72] Технологическое оборудование для обогащения углей / под общ. ред. Л. А. Антипенко. — М. : Кучково поле, 2010.

[73] Зверевич, В. В., Перов, В. А. Основы обогащения полезных ископаемых. — М. : Недра, 1971.

[74] Брагина, В. И. Технология обогащения и переработки неметаллических полезных ископаемых. — Красноярск : ИПК СФУ, 2009.

[75] Клейн, М. С., Вахонина, Т. Е. Технология обогащения углей: учебное пособие. — Кемерово : КузГТУ, 2011. — URL: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru

[76] ВНТП 3—92 Временные нормы технологического проектирования обогатительных фабрик : утв. Комитетом угольной промышленности М-ва топлива и энергетики Рос. Федерации 08.12.1992.

[77] Артюшин С. П. Обогащение углей. — М. : Недра, 384 с.

[78] Рассказов, Л. Н. и др. Гидротехнические сооружения. Часть 1. Учебник для вузов. — М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008.

[79] Рекомендации по проектированию и строительству шламонакопителей и хвостохранилищ металлургической промышленности. — М. : Стройиздат, 1986.

[80] Постановление Министерства здравоохранения РФ от 30.05.2003 г. № 114 «О введении в действие ГН 2.1.6.1338—03 (с изменениями на 30 августа 2016 года) ГН 2.1.6.1338—03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

[81] СанПиН 2.1.4.1074—01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения / http://docs.cntd.ru/document/901798042.

[82] Приказ Росстандарта от 15.12.2016 г. № 1886 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям “Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы”».

[83] СН 2.2.4/2.1.8.562—96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 № 36).

[84] СН 2.2.4/2.1.8.566—96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 № 40).

[85] Mining Energy Bandwidth Analysis Process and Technology Scope / gost.e-ecolog.ru

[86] ГОСТ Р 56828.1—2015 (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2015 г. N 2130-ст);

[87] ГОСТ Р 56828.8—2015 (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2015 г. N 2137-ст)

[88] ГОСТ Р 56828.11—2015 (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2015 г. N 2140-ст)

[89] Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities / European IPPC Bureau. — URL:
gost.e-ecolog.ru

[90] РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы (Часть I. Разделы 1-5).

[91] ГОСТ Р ИСО 14001—2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»

[92] ГОСТ Р ИСО 19011—2012 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента»

[93] Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля. — Пермь, ФГУП МНИИЭКО ТЭК, 2003

[94] ОНД 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

[95] ПНД Ф 12.1.2.99. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентраций взвешенных частиц (пыли) в выбросах промышленных предприятий.

[96] ГОСТ 33007—2014. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газовых потоков. Общие технические требования и методы контроля.

[97] СНиП 2.06.14-85 Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод (с Изменением N 1)

gost.e-ecolog.ru