

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК
ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 37-2023

ДОБЫЧА И ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ



Москва
2023

Содержание

Введение	IV
Предисловие	VII
Область применения	9
Раздел 1. Общая информация о добыче и обогащении угля	10
1.1. Добыча угля	10
1.1.1. Виды продукции	10
1.1.2. Запасы и ресурсы	12
1.1.3. Добыча и потребление угля	13
1.1.4. Угледобывающие предприятия России	15
1.2. Обогащение угля	27
1.2.1. Виды продукции и основные технологии	27
1.2.2. Объёмы обогащения угля	27
1.2.3. Углеобогащающие предприятия России	28
1.3. Основные экологические проблемы добычи и обогащения угля	34
Раздел 2. Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые 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)	49
2.1.2 Подъёмно-транспортные работы	54
2.1.3 Транспортировка горной массы	63
2.1.4 Складирование угля и отходов недропользования	65
2.1.5 Контроль качества угля	65
2.1.6 Вентиляция и дегазация	65
2.1.7 Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение	68
2.1.8 Природоохранные технологии	70
2.1.9 Системы менеджмента	87
2.2 Добыча открытым способом	89
2.2.1 Подготовка горных пород к выемке	104
2.2.2 Выемочно-погрузочные работы (экскавация)	107
2.2.3 Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов)	110
2.2.4 Складирование и отгрузка угля	113
2.2.5 Контроль качества угля	116
2.2.6 Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение	116
2.2.7 Природоохранные технологии	117
2.3 Обогащение угля	134
2.3.1 Прием угля	151
2.3.2 Подготовительные процессы	152
2.3.3 Гравитационное обогащение	158
2.3.4 Флотация	165
2.3.5 Специальные методы обогащения	169

2.3.6 Обезвоживание	172
2.3.7 Брикетирование угля	175
2.3.8 Складирование угля и отходов недропользования	176
2.3.9 Контроль качества угля	176
2.3.10 Природоохранные технологии (направление на ограничение воздействия на окружающую среду)	176
Раздел 3. Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду	186
3.1 Добыча угля подземным способом	186
3.1.1 Материальный и энергетический баланс	186
3.1.2 Характеристика эмиссий	186
3.2 Добыча угля открытым способом	196
3.2.1 Материальный и энергетический баланс	196
3.2.2 Характеристика эмиссий	196
3.3 Обогащение угля	205
3.3.1 Материальный и энергетический баланс	205
3.3.2 Характеристика эмиссий	206
Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий	211
Раздел 5. Наилучшие доступные технологии	234
5.1 НДТ организационного характера	234
5.2 НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух	235
5.3 НДТ в области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы	244
5.4 НДТ в области минимизации негативного воздействия отходов	249
5.5 НДТ в области рекультивации земель	253
5.6 НДТ в области минимизации негативного воздействия физических факторов	255
Раздел 6. Перспективные технологии	257
Заключительные положения и рекомендации	265
Приложение А (обязательное)	266
Приложение Б (обязательное)	267
Приложение В (обязательное)	273
Приложение Г (обязательное)	275
Приложение Д (обязательное)	278
Приложение Е (справочное)	291
Приложение Ж (обязательное)	296
Библиография	314

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» [1]. 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.

Справочник НДТ разработан взамен справочника НДТ ИТС 37–2017 «Добыча и обогащение угля» в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 июня 2022 г. № 1537-р «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» [2].

Структура настоящего справочника НДТ соответствует ГОСТ Р 113.00.03–2019 [3], формат описания технологий – ГОСТ Р 113.00.04–2020 [4], термины и определения приведены в соответствии с ГОСТ Р 56828.15–2016 [5].

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, технических решениях и системах менеджмента, используемых в настоящее время при добыче и обогащении угля в разбивке по технологическим этапам, 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 потребления ресурсов и эмиссий 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 недропользования и производства) 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 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.

Приложения. Приведены перечень маркерных загрязняющих веществ, перечень технологических показателей, перечень НДТ, сведения о ресурсной (в том числе энергетической) эффективности, индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов, а также «Заключение по наилучшим доступным технологиям» для рассматриваемой отрасли промышленности.

«Заключение по наилучшим доступным технологиям» включает части ИТС НДТ, содержащие:

- область применения;

- описание НДТ, уровни эмиссий, соответствующие НДТ (технологические показатели), а также информацию, позволяющую оценить их применимость;
- методы производственного экологического контроля (прежде всего подходы к организации измерений, в том числе касающиеся систем автоматического контроля).

«Заключение по наилучшим доступным технологиям» сформировано для использования заинтересованными лицами, в том числе промышленными предприятиями, при формировании заявок на комплексные экологические разрешения, а также надзорными органами при выдаче комплексных экологических разрешений и является кратким описанием основных положений ИТС НДТ, включая описание наилучших доступных технологий, информации, позволяющей оценить их применимость, уровни эмиссий и потребления ресурсов, методы производственного экологического контроля.

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» [1] 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 Минпромторга России от 7 декабря 2022 г. № 5080 «О создании технической рабочей группы «Добыча и обогащение угля» [6].

Справочник НДТ будет представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее – Бюро НДТ) (www.burondt.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» [1], утвержденными Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ.

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].

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 Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.

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, утвержденным приказом Минпромторга России от 18 декабря 2019 г. № 4841 [8].

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 16–2023 «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 14 декабря 2023 г. № 2707 и введен в действие с 01 марта 2025 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru).

ИНФОРМАЦИОННО - ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Добыча и обогащение угля Coal mining and preparation

Дата введения – 2025–03–01

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 ОКВЭД2 [9] и ОКПД2 [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.

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 (Таблица 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 определённых технологических процессах металлургических предприятий и для производства электродов.

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

Т а б л и ц а 2 – Классы крупности угля [12]

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 МДж/кг или ккал/кг). 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 Адигера-Арну, метод Рога, метод Грей-Кинга и др.) [11]. В рамках одного из методов – пластометрического – рассматриваются такие показатели, как толщина пластического слоя, величина пластометрической усадки, виды пластометрической кривой [2].

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

1.1.2. Запасы и ресурсы

Российская Федерация занимает второе место в мире по доказанным (подтвержденным) запасам угля (всего 162,2 млрд т, из них 90,45 млрд т бурого угля и 71,72 млрд т каменного угля и антрацита по данным BP Statistical Review), уступая США (248,9 млрд т) [14].

По состоянию на 1 января 2022 года разведанные запасы угля по принятой в Российской Федерации классификации запасов полезных ископаемых ФБУ «ГКЗ» составляют 195,9 млрд т (запасы категорий А+В+С₁) и 78,4 млрд т (запасы категории С₂). При этом большая часть запасов (145,8 млрд т или 53 %) приходится на бурые угли, 44 % или 119,6 млрд т приходится на каменные угли (среди них около 50 млрд т коксующихся марок углей), а оставшаяся часть приходится на антрациты (8,9 млрд т или 3 %) [15].

На территории Российской Федерации расположено 22 угольных бассейна и 146 отдельных месторождений, а распределение угольных запасов является неравномерным (Таблица 3). Наибольшая часть запасов (68 %) сосредоточена на юге Сибири, в частности, в Кемеровской области (121,3 млрд т или 44 % от общего объема запасов).

Таблица 3 – Разведанные запасы угля по основным бассейнам

Угольный бассейн	Вид угля	Субъекты РФ	Запасы категорий А+В+С ₁ , млрд т	Запасы категории С ₂ , млрд т
Канско-Ачинский	Бурый, каменный	Кемеровская область, Красноярский край	79	38,7
Кузнецкий	Каменный, бурый, антрацит	Кемеровская область	54,8	13,9
Иркутский	Каменный, бурый	Иркутская область	7,3	4,1
Печорский	Каменный	Республика Коми	6,7	0,5
Донецкий	Каменный, бурый, антрацит	Ростовская область	6,5	3,2
Южно-Якутский	Каменный	Республика Саха (Якутия)	9,6	4,6
Минусинский	Каменный	Республика Хакасия	4,8	0,4

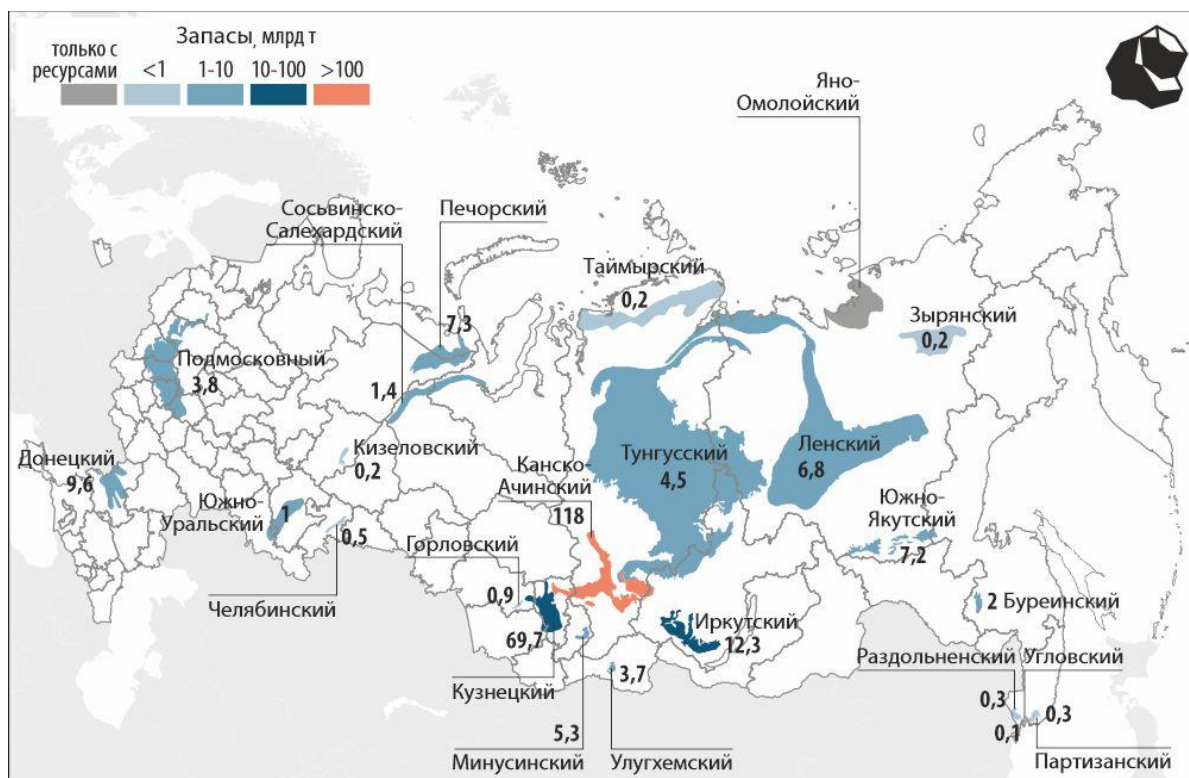


Рисунок 1 – Распределение запасов углей по угольным бассейнам РФ [15]

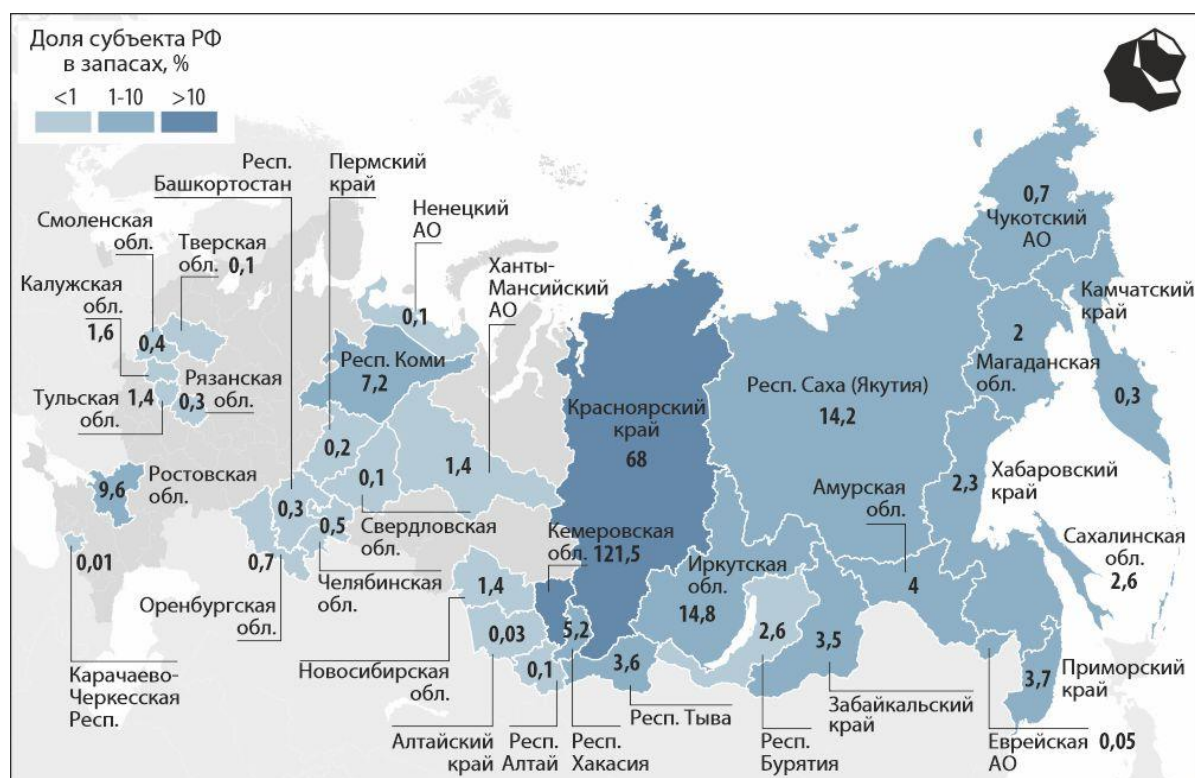


Рисунок 2 – Распределение запасов углей по субъектам РФ [15]

1.1.3. Добыча и потребление угля

В Российской Федерации за 2022 г. было добыто 443,5 млн т угля, из них 340,6 млн т (77 %) открытым способом [5]. Наибольшая доля в добыче угля приходится на Кузнецкий и Канско-Ачинский угольные бассейны, расположенные

на территории Сибирского федерального округа – 60,2 % от общероссийской добычи [5]. Десять крупнейших компаний обеспечивают более 70 % национальной добычи угля (Таблица 4).

Т а б л и ц а 4 – Крупнейшие производители угля в России [5].

Наименование компании	Добыча угля, млн т		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.
АО «СУЭК»	101,2	102,5	113,9
ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»	40,1	38,8	44,4
ООО «УК «ЭЛСИ»	24,3	36,7	43,8
ООО «ЕВРАЗ»	20,7	23,3	23,3
АО «Стройсервис»	14,2	16,7	17,7
En+ Group	13,6	14,5	15,6
АО «Русский Уголь»	14,6	14,7	14,4
АО ХК «СДС-Уголь»	20,2	19,3	13,7
ООО «УК «Колмар»	6,4	11,0	12,4
ПАО «Мечел»	15,9	11,3	11,3

В 2022 г. объем потребления угля в России составил 201,3 млн т¹. К основным потребителям угля относятся:

- электроэнергетика (106,9 млн т);
- коксохимические заводы (38,3 млн т);
- население (27,2 млн т).

Остальное потребление (28,9 млн т) обеспечивают металлургические и цементные заводы, атомная промышленность, железнодорожный транспорт и прочие отрасли промышленности [5]. Доля импорта в потреблении угля имеет тенденцию к снижению и в 2022 г. составила 9,8 %, что соответствует 19,7 млн т (в 2021 г. – 20,4 млн т [5]). Основным импортером угля остается Казахстан. В товарной структуре импортируемого угля доминируют энергетические угли для нужд электростанций, преимущественно, Урала [16].

Экспорт российского угля в 2022 г. составил 201,7 млн т. В том числе 6,9 млн т было отправлено на экспорт в ближнее зарубежье, а 194,7 млн т – в страны дальнего зарубежья [5]. Отгрузка на экспорт преимущественно осуществляется через морские порты (92 % от общего объема по данным за 2022 г. [17]).

По данным Федеральной таможенной службы, экспорт угля из России в 2021 г.² составил 223,4 млн т [18]. В 2021 г. возрос экспорт российского угля по отношению к уровню 2020 г. в такие страны, как Китай, Нидерланды, Италия и т. д. Сокращение экспортных поставок наблюдалось в направлении Республики Корея, Польши, Германии, Индии, Турции [18], [19].

¹ С учётом импортных поставок.

² Данные Федеральной таможенной службы за 2022 г. и последующие годы в свободном доступе отсутствуют.

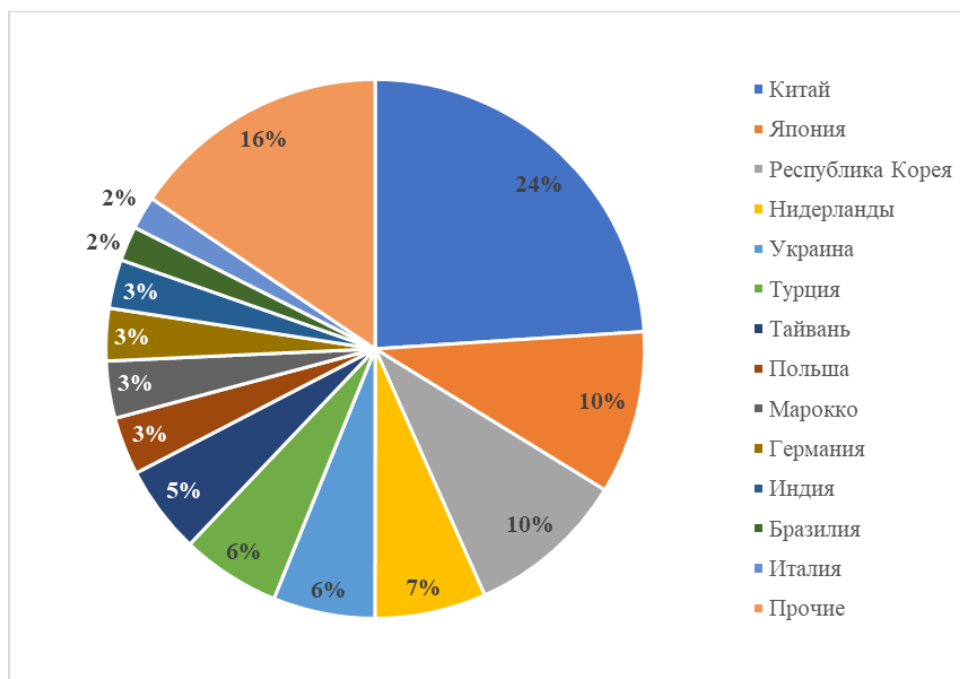


Рисунок 3 – Структура экспорта угля по направлениям в 2021 г., % [18]

1.1.4. Угледобывающие предприятия России

По данным угольных компаний и «ЦДУ ТЭК» по состоянию на 1 января 2023 г. добычу угля осуществляли 176 угледобывающих предприятия, в том числе 52 шахты и 124 разреза (Таблица 5).

Согласно собранным данным, в период с 2010 г. в России было открыто или восстановлено 35 разрезов и 8 шахт, что составляет 28 % и 15 % от их общего количества. При этом 13 из 35 новых разрезов, а также 6 из 9 новых шахт были открыты в Кемеровской области.

Таблица 5 – Перечень угледобывающих предприятий России (по состоянию на 1 января 2023 г.)

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
Архипелаг Шпицберген					
1.	ш. № 1-5 рудника «Баренцбург»	ФГУП «ГТ «Арктикуголь»	Мурманская область (архипелаг Шпицберген)	1965	Г
Печорский бассейн					
2.	р. Юньягинский	АО «Воркутауголь»	Республика Коми	2000	К
3.	ш. Воргашорская	АО «Воркутауголь»	Республика Коми	1975	Ж
4.	ш. Воркутинская	АО «Воркутауголь»	Республика Коми	1973	Ж
5.	ш. Заполярная	АО «Воркутауголь»	Республика Коми	1949	Ж
6.	ш. Комсомольская	АО «Воркутауголь»	Республика Коми	1977	Ж
Донецкий бассейн					
7.	ш. Дальняя	АО «Донской антрацит»	Ростовская область	1943	А
8.	ш. Обуховская	АО «Ш/у Обуховская»	Ростовская область	1978	А
9.	ш. Садкинская	ООО «Ш/у Садкинское»	Ростовская область	1989	А
10.	ш. Шерловская-Наклонная	ОАО «Донуголь»	Ростовская область	2007	А
11.	ш. Октябрьская-Южная	ООО «Ш. Октябрьская Южная»	Ростовская область	1992/2021	А
Горловский бассейн					
12.	р. Восточный	ООО «Р. Восточный»	Новосибирская область	2016	А
13.	р. Колыванский (в т. ч. Северный, Крутихинский, Ургунский, Горловский участки)	АО «Р. Колыванский»	Новосибирская область	1993	А
Минусинский бассейн					
14.	р. Восточно-Бейский	ООО «СУЭК-Хакасия»	Республика Хакасия	1993	Д
15.	р. Изыхский	ООО «СУЭК-Хакасия»	Республика Хакасия	1965	Д
16.	р. Черногорский	ООО «СУЭК-Хакасия»	Республика Хакасия	1956	Д
17.	р. Аршановский	ООО «Р. Аршановский»	Республика Хакасия	2014	Д

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
18.	р. Степной	АО «УК «Разрез Степной»	Республика Хакасия	1993	Д
19.	р. Бейский	ООО «УК «Р. Бейский»	Республика Хакасия	2021	Д
20.	р. Кирбинский	ООО «Р. Кирбинский»	Республика Хакасия	2019	Д
21.	р. Угольный	АО «ЗУЭК»	Республика Хакасия	2021	Д
22.	р. Белоярский	ООО «Р. Белоярский»	Республика Хакасия	2014	Д
23.	р. Майрыхский	ООО «УК «Р. Майрыхский»	Республика Хакасия	2016	Д
Канско-Ачинский бассейн					
24.	р. Берёзовский	АО «Р. Берёзовский»	Красноярский край	1975	Б
25.	р. Бородинский	АО «СУЭК-Красноярск»	Красноярский край	1949	Б
26.	р. Назаровский	АО «Р. Назаровский»	Красноярский край	1951	Б
27.	р. Абанский	АО «Красноярсккрайуголь»	Красноярский край	1983	Б
28.	р. Переясловский	АО «Красноярсккрайуголь»	Красноярский край	1983	Б
29.	р. Саяно-Партизанский	ООО «Р. Саяно-Партизанский»	Красноярский край	1991	ДГ
30.	р. Ирбейский	ООО «Компания «Востсибуголь»	Красноярский край	2000	Б
31.	р. Большесырский	ООО «Сибуголь»	Красноярский край	2008	Б
32.	р. Канский	АО «Р. Канский»	Красноярский край	1994	Б
33.	р. Тулунуголь	ООО «Компания «Востсибуголь»	Иркутская область	1969	Б
Тунгусский бассейн					
34.	р. Жеронский	ООО «Компания «Востсибуголь»	Иркутская область	2003	Д, СС
35.	р. Кайерканский № 2	ПАО «ГМК «Норильский Никель»	Красноярский край	1965	СС
Улуг-Хемский бассейн					
36.	р. Каа-Хемский	ООО «Тувинская ГРК»	Республика Тыва	1970	Г
37.	р. Чаданский	ООО «Тувинская ГРК»	Республика Тыва	1964	ГЖ

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
Иркутский (Черемховский) бассейн					
38.	р. Черемховуголь	ООО «Черемховуголь»	Иркутская область	1955	Д
39.	р. Ныгдинский	ООО «Р. Ныгдинский»	Иркутская область	2017	Г
40.	р. Арансахой	ООО «Сибпромнедра»	Иркутская область	н/д	Г
41.	УОГР Лужки-2	ООО «ВМС-Групп»	Иркутская область	н/д	ДГ
42.	р. Каратаевский	ООО «Каратаевский карьер»	Иркутская область	2011	ДГ
43.	р. Велистовский	ООО «Р. Велистовский»	Иркутская область	2014	Б
44.	р. Иретский	ООО «Р. Иретский»	Иркутская область	2018	Г
45.	УОГР Талый	ООО «Глинки»	Иркутская область	1995	н/д
46.	р. Харанутский	ЗАО «Харанутская угольная компания»	Иркутская область	н/д	н/д
47.	р. Уватский	ООО «Геолог»	Иркутская область	н/д	ДР
48.	р. Мугунский Южный	ООО «Р. Мугунский Южный»	Иркутская область	2021	Б
49.	р. Кайчакский-1	ООО «Р. Кайчакский-1»	Кемеровская область	1986	Б
Месторождения Бурятии и Забайкалья					
50.	р. Гусиноозёрский (участки Хольбоджинский, Баин-Зурхе)	ООО «Бурятская горнорудная компания»	Республика Бурятия	2006	Б
51.	р. Дабан-Горхонский	ООО «ВСГК»	Республика Бурятия	1981	Б
52.	р. Загустайский	ООО «ВСГК»	Республика Бурятия	2001	Б
53.	р. Окино-Ключевский	ООО «Угольный разрез»	Республика Бурятия	1988	Б
54.	р. Харанорский	АО «Р. Харанорский»	Забайкальский край	1970	Б
55.	р. Приаргунский	ООО «Приаргунский угольный разрез»	Забайкальский край	н/д	Б
56.	р. Восточный	ООО «Читауголь»	Забайкальский край	1983	Б
57.	р. Зашуланский	ООО «Разрезуголь»	Забайкальский край	2011	Д

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
58.	р. Тигнинский	ООО «Р. Тигнинский»	Забайкальский край	2009	Б
59.	р. Тугнуйский	АО «Р. Тугнуйский»	Забайкальский край	1989	Б
60.	р. Урейский	ОАО «Урейский угольный разрез»	Забайкальский край	2013	Б
61.	р/у Уртуйское	ПАО «Приаргунское ПГХО»	Забайкальский край	1993	Б
62.	р. Черновский	ООО «Забуголь»	Забайкальский край	н/д	Б
63.	р. Буртуйский	ООО «Буртуй»	Забайкальский край	н/д	Б
64.	р. Буртуйский	ООО «Россыпь»	Забайкальский край	н/д	Б
Нижне-Зейский бассейн					
65.	р. Ерковецкий	АО «Амуруголь»	Амурская область	1991	Б
66.	р. Северо-Восточный	АО «Амуруголь»	Амурская область	1932	Б
Буреинский бассейн					
67.	р. Правобережный	АО «Ургалуголь»	Хабаровский край	2016	Г
68.	р. Буреинский	АО «Ургалуголь»	Хабаровский край	2000	Г
69.	ш/у Ургальское	АО «Ургалуголь»	Хабаровский край	1948	Г
Бикино-Уссурийский бассейн					
70.	р. Лучегорский	АО «Лучегорский угольный разрез»	Приморский край	1973	Б
71.	р/у Новошахтинское	АО «Приморскуголь»	Приморский край	1982	Б
Раздольненский бассейн					
72.	УОГР Западный фланг	ООО «ДВ Логистик»	Приморский край	2019	Д
73.	р. Полтавский	ООО «Р. Полтавский»	Приморский край	1939	Д
Южно-Якутский бассейн					
74.	р. Нерюнгринский	АО «ХК Якутуголь»	Республика Саха (Якутия)	1979	К
75.	р. Эльгинский	ООО «Эльгауголь»	Республика Саха (Якутия)	2011	Ж

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
76.	р. Денисовский	АО «ГОК Денисовский»	Республика Саха (Якутия)	2011	К
77.	ш. Денисовская-Восточная	АО «ГОК Денисовский»	Республика Саха (Якутия)	2021	К
78.	ш. Денисовская	АО «ГОК Денисовский»	Республика Саха (Якутия)	2009	К
79.	ш. Инаглинская	АО «ГОК Инаглинский»	Республика Саха (Якутия)	2020	Ж
80.	р. Инаглинский	АО «ГОК Инаглинский»	Республика Саха (Якутия)	2011	Ж
81.	р. Локучакитский	ООО «Долгучан»	Республика Саха (Якутия)	2003	Ж
82.	р. Налымакитский	ООО «СТС-Уголь»	Республика Саха (Якутия)	2019	Ж, СС
Ленский бассейн					
83.	р. Джебарики-Хая	АО «ХК Якутуголь»	Республика Саха (Якутия)	1972	Д
84.	р. Кангаласский	АО «ХК Якутуголь»	Республика Саха (Якутия)	1956	Б
85.	р. Кировский	ПАО «Кировский угольный р.»	Республика Саха (Якутия)	н/д	Б
86.	р. Харбалахский	ОАО «Телен»	Республика Саха (Якутия)	1967	Д
Сахалинский бассейн					
87.	р. Бошняковский	ООО «Р. Бошняковский»	Сахалинская область	1998	ДГ
88.	р. Солнцевский	ООО «Р. Солнцевский»	Сахалинская область	1983	Б
89.	р. Чернореченский + УОГР Графский / Шебунинский-Северный	ООО «Горняк-1»	Сахалинская область	н/д	Д
Месторождения севера Дальнего Востока					
90.	р. Кадыкчанский (Тал-Юрях)	ООО «Северовостокуголь»	Магаданская область	1957	Д
91.	р. Мареканский	АО «Ургалуголь»	Хабаровский край	1999	Б

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
92.	р. на мест. Фандюшкинское поле	ООО «Берингпромуголь»	Чукотский АО	2016	Ж
93.	ш. Угольная	ОАО «ш. Угольная»	Чукотский АО	1968	Б
Кузнецкий бассейн					
94.	р. Заречный	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	2003	ДГ
95.	р. Заречный-Северный*	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	2019	н/д
96.	р. Камышанский	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	2001	Д
97.	ш. им. 7 ноября-Новая	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	2019	Г
98.	ш. им. А.Д. Рубана	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	1999	Д
99.	ш. им. В. Д. Ялевского	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	2000	ДГ
100.	ш. им. С. М. Кирова	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	1935	Г, ГЖ
101.	ш. Комсомолец	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	1933	Г
102.	ш. Талдинская-Западная-1	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	1987	Д, ДГ
103.	ш. Талдинская-Западная-2	АО «СУЭК-Кузбасс»	Кемеровская область	2001	Д
104.	р. Бачатский	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	Кемеровская область	1949	КС, СС
105.	р. Калтанский	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	Кемеровская область	1957	Т
106.	р. Кедровский	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	Кемеровская область	1954	СС
107.	р. Краснобродский	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	Кемеровская область	1947	Т, СС, КС, КО, ДГ
108.	р. Моховский	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	Кемеровская область	1955	Д
109.	р. Талдинский	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	Кемеровская область	1982	ГЖ, ДГ, Д, Г
110.	УОГР ш. Байкаимская	ООО «Горнорудная компания Урала»	Кемеровская область	2018	н/д

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
111.	ш. Алардинская	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	1957	КС, ТС, Т
112.	ш. Ерунаковская-8	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	2013	Ж, ГЖ, ГЖО
113.	ш. Есаульская	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	1984	Ж, ГЖ, ГЖО
114.	ш. Осинниковская	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	1932	К, КЖ
115.	ш. Усковская	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	2002	ГЖ, ГЖО
116.	р. Распадский	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	2003	ГЖ, ГЖО
117.	ш. Распадская	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	1973	Ж, ГЖ
118.	ш. Распадская-Коксовая	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	1962	К, КО
119.	ш. Распадская-Коксовая (УОГР)	ООО «Распадская УК»	Кемеровская область	н/д	н/д
120.	р. Красногорский	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	1954	А, Т
121.	р. Ольжерасский	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	1980	К, КО, КС, СС, ГЖО
122.	р. Сибиргинский	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	1970	К, ОС, КС, ТС, Т
123.	р. Томусинский	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	1959	ОС, КС, Т
124.	ш. им. Ленина	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	1953	К, КО, ОС, КС
125.	ш. Ольжерасская-Новая	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	2006	ГЖО, Г

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
126.	ш. Сибиргинская	ПАО «УК «Южный Кузбасс»	Кемеровская область	2002	К, ОС, КС
127.	р. Восточный	АО «Салек»	Кемеровская область	2010	ДГ
128.	р. Первомайский	ООО «Ш/у Майское»	Кемеровская область	2008	Д, ДГ, Г
129.	р. Черниговец	АО «Черниговец»	Кемеровская область	1965	СС, КСН, КС, Ж, КО, К
130.	ш. Южная	АО «Черниговец»	Кемеровская область	2009	КС, КО, К
131.	ш. Листвяжная	АО ХК «СДС-Уголь»	Кемеровская область	1956	Д, ДГ
132.	р. Берёзовский	ООО «Р. Берёзовский»	Кемеровская область	н/д	ОС, ТС, КС
133.	р. Барзасский	ООО «СП «Барзасское товарищество»	Кемеровская область	2006	КС
134.	р. Пермьяковский	ООО «Р. Пермьяковский»	Кемеровская область	н/д	Д
135.	р. Шестаки	АО «Р. Шестаки»	Кемеровская область	1969	КО, КСН, ГЖО, СС
136.	УОГР ш. № 12	ООО «Ш. № 12»	Кемеровская область	н/д	К, ОС, КС, СС, ТС, Т
137.	р. Кийзасский	ООО «Р. Кийзасский»	Кемеровская область	2014	Т, ТС
138.	р. Верхнетешский	ООО «р. Верхнетешский»	Кемеровская область	2022	Т
139.	ш. Дальние горы	АО «Луговое»	Кемеровская область	2007	Д
140.	ш. Краснокаменная	АО «Поляны»	Кемеровская область	2006	Д
141.	р. ТалТЭК	ООО «Р. ТалТЭК»	Кемеровская область	2018	н/д

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
142.	ш. Берёзовская	АО «УК «Северный Кузбасс»	Кемеровская область	1958	К
143.	ш. Первомайская	АО «УК «Северный Кузбасс»	Кемеровская область	1975	К
144.	ш. им. С. Д. Тихова	ООО «Ш. им. С.Д. Тихова»	Кемеровская область	2017	Ж
145.	разрезоучасток ш. им. Вахрушева	ООО «Участок Коксовый»	Кемеровская область	н/д	К, КО, КС, ОС
146.	р. Виноградовский (в т. ч. участки Брянский, Караканский-Южный, Черемшанский, Листвяничный)	АО «Кузбасская топливная компания»	Кемеровская область	2004	Д
147.	ш. Заречная (в т. ч. шахтоучасток Октябрьский)	АО «УК «Сила Сибири»	Кемеровская область	1953	Г
148.	р. Береговой	АО «УК Южная»	Кемеровская область	2012	Т
149.	р. Междуреченский	АО «Междуречье»	Кемеровская область	1964	КС, ОС, СС, Т
150.	ш. Антоновская	АО «Ш. Антоновская»	Кемеровская область	1998	ГЖ
151.	ш. Большевик	АО «Ш. Большевик»	Кемеровская область	1954	ГЖ, ГЖО
152.	ш. Костромовская	ООО «ММК-Уголь»	Кемеровская область	2008	Ж
153.	ш. Чертинская-Коксовая	ООО «ММК-Уголь»	Кемеровская область	1952	Ж
154.	разрезоучасток Бунгурский-Южный	ООО «Сибэнергоуголь»	Кемеровская область	2001	А, Т
155.	р. Киселёвский	ООО «Р. Киселевский»	Кемеровская область	1953	Д, ДГ, ГЖО, СС
156.	р. Прокопьевский	ЗАО «Прокопьевский угольный р.»	Кемеровская область	1953	СС
157.	р. Степановский	АО «Р. Степановский»	Кемеровская область	2010	Т
158.	УОГР ООО «Энергия-НК»	ООО «Энергия-НК»	Кемеровская область	н/д	н/д

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
159.	ш. Сибирская	ООО «Ш. Сибирская»	Кемеровская область	2021	Г
160.	ш. Грамотеинская	ООО «Ш. Грамотеинская»	Кемеровская область	1939	Д
161.	ш. Полосухинская	АО «Ш. Полосухинская»	Кемеровская область	1985	Ж, ГЖ
162.	ш. Увальная	АО «УК Сибирская»	Кемеровская область	2016	Г, ГЖ, Ж
163.	р. Бунгурский-Северный	ООО «Р. Бунгурский-Северный»	Кемеровская область	2005	Т
164.	р. Евтинский	ООО «Р. Евтинский Новый»	Кемеровская область	н/д	Д
165.	р. Задубровский	ООО «Р. Задубровский Новый»	Кемеровская область	1994	Д
166.	р. Караканский-Западный	ЗАО «Ш. Беловская»	Кемеровская область	2010	Д
167.	р. Корчаковский	АО «Кузнецкивестстрой»	Кемеровская область	2004	Т
168.	р. Октябринский	АО «Р. Октябринский»	Кемеровская область	н/д	СС
169.	р. Тайбинский	ООО «Инвест-Углесбыт»	Кемеровская область	2007	Г, ГЖО, СС, КСН, К, КС
170.	р. Тайлепский	ООО «р. Тайлепский»	Кемеровская область	2016	К, КС, Т
171.	ш. Анжерская-Южная	ООО «УК Анжерская-Южная»	Кемеровская область	2004	К
172.	ш. Кыргайская	АО «Ш/у Талдинское-Кыргайское»	Кемеровская область	1989	Г
173.	ш. Талдинская-Южная	АО «Ш/у Талдинское-Южное»	Кемеровская область	2009	Г
174.	ш. Юбилейная	ООО «Ш. Юбилейная»	Кемеровская область	2016	Ж

Окончание таблицы 5

№ п/п	Предприятие	Компания	Субъект РФ	Год открытия / восстановления	Марка угля
175.	УОГР 8 марта	ООО «Энергоснаб»	Кемеровская область	2019	Т
176.	УОГР Чернокалтанский 6, 8, 9	АО «Сибирская УПК»	Кемеровская область	2019	Т
177.	УОГР ООО «Ресурс» (участки Кыргайский-Средний, Новоказанский)	ООО «Ресурс»	Кемеровская область	2014	Д, ДГ, Г, ГЖО

Примечания:

Таблица составлена по данным «ЦДУ ТЭК» и угольных компаний

н/д – нет данных

Р. – разрез

Ш. – шахта

Р/у – разрезное управление

Ш/у – шахтоуправление

УОГР – участок открытых горных работ

УПГР – участок подземных горных работ

УК – управляющая компания

1.2. Обогащение угля

1.2.1. Виды продукции и основные технологии

Для улучшения качества угля и обеспечения стабильности его качественных характеристик 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 основных 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 тяжёлых 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. Объёмы обогащения угля

По отчётным данным российских угледобывающих компаний в 2022 г. объём переработки угля на обогатительных фабриках составил 200,4 млн т (в 2021 г. –

211,7 млн т), из них 89,5 млн т пришлось на уголь для коксования, а остальное – на каменный энергетический уголь и антрацит [5]. Бурый уголь в России практически не обогащается: в 2019 – 2020 гг. объёмы обогащения бурого угля составляли 0,1–0,2 млн т / год [7].

Если соотнести объёмы обогащения угля с объёмами добычи (по данным угледобывающих компаний [5]), то окажется, что в 2022 г. обогащению подверглось 78 % добытого в том же году угля для коксования и 34 % 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 воздухопроводов, 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 добавленную стоимость добытого 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 2022 году составил 200,4 млн т, что на 11,3 млн т меньше, чем в 2021 году [5].

К началу 2023 года в России насчитывалось 57 крупных обогатительных фабрик (Таблица 6), из которых 15 были введены в эксплуатацию в период с 2010 г. Каменный коксующийся уголь подвергается обогащению на 34 фабриках, каменный энергетический – на 27 фабриках, антрацит – на 5 фабриках. Мощность обогатительных фабрик в среднем составляет до 9 млн т / год, этот уровень превышен только на Печорской, Распадской, и Тунгуйской фабриках.

Наиболее широко распространена технология тяжелосреднего обогащения – она применяется на 36 фабриках из 51, по которым имеется информация о технологиях. Обогащение отсадкой осуществляется на 21 фабрике, флотацией – на 18 фабриках, спиральные сепараторы применяются на 21 фабриках. На некоторых фабриках применяются крутонаклонные сепараторы и другие виды оборудования.

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 невелик, что обусловлено конструктивно заложенной специализацией большей части электростанций на проектные угли, а также необходимостью значительных вложений на модернизацию для применения обогащенных углей на электростанциях.

Таблица 6 – Перечень углеобогатительных фабрик в России (по состоянию на начало 2023 г.)

Обогащительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
Печорский бассейн					
ЦОФ «Печорская»	АО «Воркутауголь»	н/д	11,5 ³	1954 ⁴ /1993	Каменный коксующийся
Донецкий бассейн					
ГОФ «Садкинская»	ООО «Южная угольная компания»	О, ТС	3,0	2017	Антрацит
ОФ «Обуховская»	ОАО «Ш/у «Обуховская»	О, ТС	3,0	1978	Антрацит
Горловский бассейн					
ОФ «Листвянская»	АО «Сибирский Антрацит»	ТС	2,0	1982	Антрацит
ОФ «Листвянская-2»	АО «Сибирский Антрацит»	ТС	3,0	2007	Антрацит
Кузнецкий бассейн					
ОФ «Вахрушевская»	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	н/д	2,0	1969	Каменный энергетический
ОФ «Краснобродская-коксовая»	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	ТС, СС, Ф	3,0	2011	Каменный коксующийся
ОФ «Калтанская-энергетическая»	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	ТС, СС	3,0	2015	Каменный энергетический
ОФ «Бачатская-коксовая»	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	ТС, СС, Ф	3,0	2008	Каменный коксующийся
ОФ «Бачатская-энергетическая»	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	ТС	3,5	2002	Каменный энергетический
ОФ «Кедровская»	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	ТС	4,8	1982	Каменный энергетический
ЦОФ «Кузбасская»	ПАО «Южный Кузбасс»	О, СС	7,5	1990	Каменный коксующийся
ЦОФ «Сибирь»	ПАО «Южный Кузбасс»	О, ТС, Ф	6,0	1974	Каменный коксующийся
ГОФ «Красногорская»	ПАО «Южный Кузбасс»	ТС	2,0	2002	Антрацит
ГОФ «Томусинская»	ПАО «Южный Кузбасс»	О, СС, Ф	2,4	1954	Каменный коксующийся

³ Включая мощности на прихаштной обогатительной установке⁴ Год ввода обогатительной установки на шахте «Воркутинская»

Продолжение таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
ОФ ш. имени С. М. Кирова	АО «СУЭК-Кузбасс»	О, СС	8,5	1954	Каменный коксующийся
ОФ ш. «Комсомолец»	АО «СУЭК-Кузбасс»	О, СС	2,3	1961	Каменный коксующийся
ОФ ш. «Полысаевская»	АО «СУЭК-Кузбасс»	О	1,9	н/д	Каменный коксующийся
ОФ ш. «Талдинская-Западная-1»	АО «СУЭК-Кузбасс»	ТС	2,7	н/д	Каменный энергетический
ОФ «Матюшинская»	ООО «Р. «Березовский»	ТС, СС, Ф	5,2	2012	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ «Барзасская»	ООО «СП «Барзасское товарищество»	ТС	3,5	2009	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ р. Пермьяковский	ООО «Р. Пермьяковский»	н/д	2,0	н/д	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ р. Шестаки	ОАО разрез «Шестаки»	ТС	1,0	2007	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ «Распадская»	ПАО «Распадская»	ТС, СС, Ф	15,0	2005	Каменный коксующийся
ЦОФ «Кузнецовская»	ПАО «Распадская»	О, СС, Ф	6,5	1966	Каменный коксующийся
ЦОФ «Абашевская»	ПАО «Распадская»	О, СС, Ф	3,5	1962	Каменный коксующийся
ОФ ЗСМК	АО «ЕВРАЗ Объединённый ЗСМК»	О, Ф	н/д	1966	Каменный коксующийся
ОФ АО «Черниговец»	АО «Черниговец»	ТС	6,3	1976	Каменный энергетический
ОФ «Черниговская-Коксовая»	АО «Черниговец»	ТС, СС, Ф	4,5	2012	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ «Листвяжная»	ООО «Ш. «Листвяжная»	О	6,0	2007	Каменный энергетический

Продолжение таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
ЦОФ «Щедрухинская»	АО «ТопПром»	ТС, СС	3,6	2009	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ «Коксовая»	АО «ТопПром»	О, СС, Ф	2,0	1961	Каменный коксующийся
ОФ «Междуреченская»	АО «ОФ «Междуреченская»	ТС	6,2	2005	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ Антоновская	АО "ОФ «Антоновская»	О, СС	4,7	2001	Каменный коксующийся
ОФ «Спутник»	АО «УК «Сила Сибири»	ТС, СС	6,0	2003	Каменный энергетический
ОФ «Каскад-2»	АО «Кузбасская топливная компания»	ТС, КНС	3,6	2012	Каменный энергетический
ОФ «Каскад-1»	АО «Кузбасская топливная компания»	ТС, КНС	2,0	2010	Каменный энергетический
ЦОФ «Беловская»	ООО «ММК-Уголь»	ТС, СС, О, Ф	6,2	1965	Каменный коксующийся
ЦОФ «Берёзовская»	ПАО «ЦОФ Березовская»	ТС, О, Ф	4,0	1969	Каменный коксующийся
ОФ «Северная»	ОАО «УК «Северный Кузбасс»	О, СС, Ф	3,0	2006	Каменный коксующийся
ГОФ «Анжерская»	ООО «ГОФ «Анжерская»	О, Ф	2,2	1954	Каменный энергетический
ОФ «Сибирская»	ООО «ОФ «Сибирская»	н/д	6,0	2022	Каменный коксующийся
ЦОФ «Краснокаменская»	ООО «ЦОФ «Краснокаменская»	ТС	3,5	2018	Каменный коксующийся и энергетический
ОФ «Прокопьевскуголь»	ООО «ОФ «Прокопьевскуголь»	О	1,5	1959	Каменный энергетический
ОФ «Бунгурский-Северный»	ООО «Р. Бунгурский-Северный»	ТС	1,6	1983	Каменный энергетический
ОФ «Увальная»	АО «УК «Сибирская»	н/д	6,0	2019	Каменный коксующийся

Окончание таблицы 6

Обогатительная фабрика	Компания	Методы обогащения	Мощность (по горной массе)	Год ввода в эксплуатацию	Вид угля
Минусинский бассейн					
ОФ «Черногорская»	ООО «СУЭК-Хакасия»	ТС	8,7*	1975	Каменный энергетический
ОФ Степного разреза	АО «УК «Р. Степной»	О	5,6	2011	Каменный энергетический
Олонь-Шибирское месторождение					
ОФ «Тугнуйская»	ООО «Тугнуйская обогатительная фабрика»	ТС, СС	12,0	2009	Каменный энергетический
Черемховский бассейн					
ЦОФ «Касьяновская»	ООО «Компания «Востсибуголь»	О, ТС	3,8*	1979	Каменный энергетический
Южно-Якутский бассейн					
ОФ «Нерюнгринская»	АО «ХК «Якутуголь»	ТС, Ф	9,0	1985	Каменный коксующийся
ОК «Эльга»	ООО «Эльгауголь»	ТС, СС	3,0	2012	Каменный коксующийся
ОФ «Инаглинская-1»	ООО «УК «Колмар»	ТС, КНС	3,0	2016	Каменный коксующийся
ОФ «Инаглинская-2»	ООО «УК «Колмар»	ТС, Ф	6,0	2020	Каменный коксующийся
ОФ «Денисовская»	ООО «УК «Колмар»	ТС, Ф	6,0	2018	Каменный коксующийся
Буреинский бассейн					
ОФ «Чегдомын»	АО «Ургалуголь»	ТС, СС	6,6*	2013	Каменный энергетический
ОУ-22	АО «Ургалуголь»	н/д	3,0	1968	Каменный энергетический

Примечания:

Таблица составлена по данным предприятий угольной промышленности.

Указаны фабрики с мощностью 1 млн т / год и выше.

н/д – нет данных; ТС – обогащение в тяжёлых средах; СС – обогащение спиральными сепараторами; КНС – обогащение крутонаклонными сепараторами; О – отсадка; Ф – флотация; С – сухое обогащение; ОУ – обогатительная установка, ОК – обогатительный комплекс.

* – указана максимальная годовая производительность.

1.3. Основные экологические проблемы добычи и обогащения угля

Пыление

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

Загрязнение воздуха в районе предприятий угольной промышленности сильно 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].

Самовозгорание угля

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

Выделение метана

При вскрытии угольных пластов 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].

Выбросы от двигателей и котельных агрегатов

На предприятиях угольной промышленности действует большое количество двигательных, котельных и электрогенерирующих установок, работа которых сопровождается выбросами от сжигания топлива (оксиды углерода, азота и серы и т. д.) и образованием сажи [30].

Изменение водного режима

При строительстве и эксплуатации разрезов и шахт возникают существенные осложнения из-за наличия подземных и поверхностных вод: происходят деформации горных выработок. В частности, снижается производительность оборудования, усложняется производство буровзрывных работ. Для решения этой 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 могут сократиться, а состояние и качество поверхностных

вод ухудшиться. 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 состояния вод зависит 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 [30].

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 водоёмы без должной очистки, загрязнённые воды отрицательно воздействует 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 водоёмы или возвратом в технологический процесс [30].

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 ликвидации горных выработок. В отношении оставшихся после закладки отвалов должна проводиться техническая и биологическая рекультивация.

Раздел 2. Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время при добыче угля и обогащении угля

В данном разделе представлена информация о технологических, технических решениях и системах менеджмента, 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.

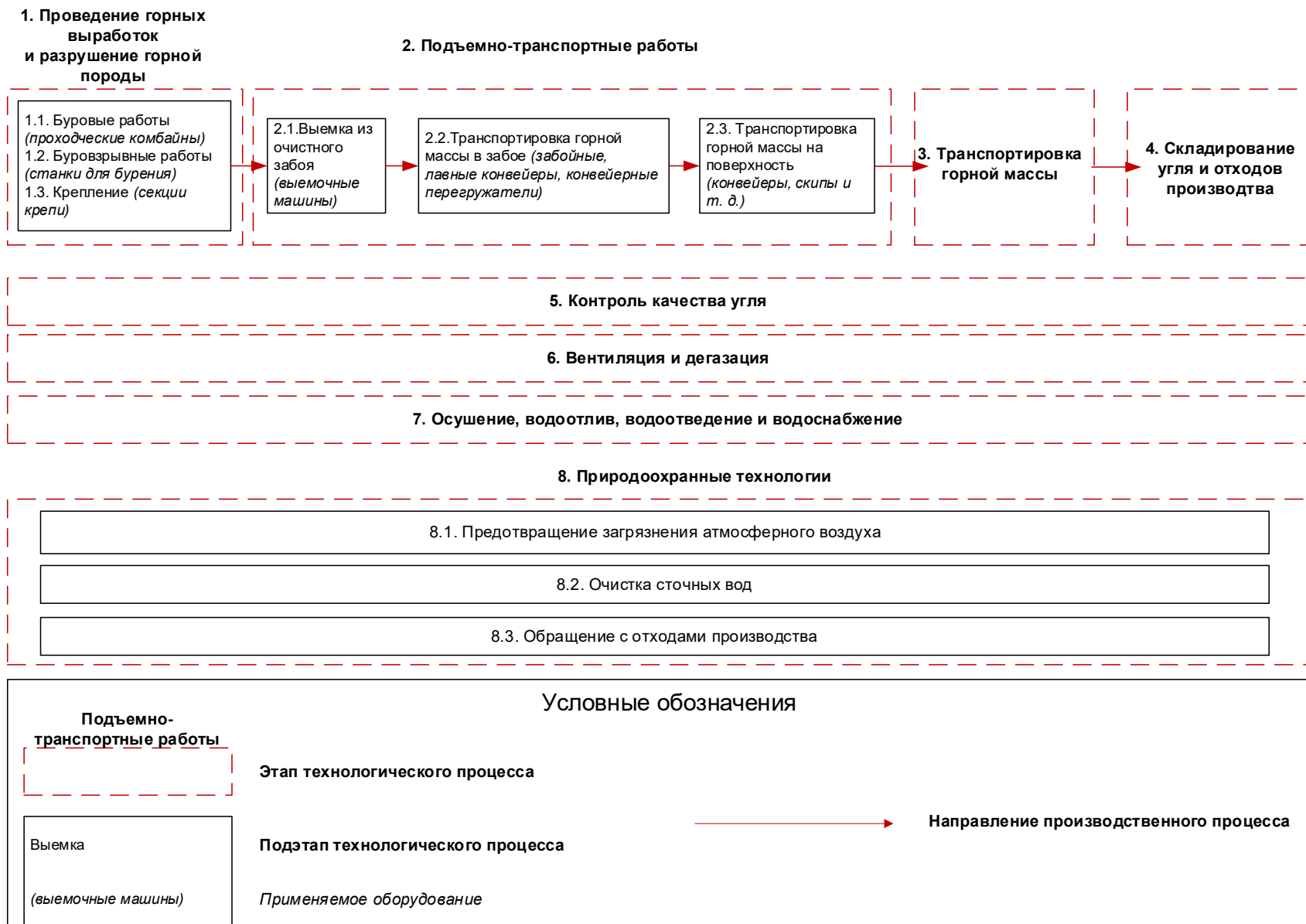


Рисунок 4 – Схема технологического процесса добычи угля подземным способом

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, взрывчатые вещества, моторное топливо	Проведение горных выработок и разрушение горной породы	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Проходческие комбайны, буровые установки, насосные установки, зарядные машины, системы детонации, крепи механизированные, вентиляционные трубы, источники электроэнергии	Выбросы (основной процесс): метан, пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Сбросы: взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты Отходы: отходы недропользования, твердые коммунальные отходы, отходы, характерные для ТО/ТР транспортных средств, мусор строительный, лом черных металлов
1.1	То же	Проведение горных выработок с разрушением пород путем взрыва	То же	Проходческие комбайны, буровые установки, зарядные машины, системы детонации, крепи механизированные, насосные установки, вентиляционные трубы, источники электроэнергии	То же

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.2	Участок угольного месторождения, электроэнергия, вода, моторное топливо	Проведение горных выработок с применением проходческих комбайнов	То же	Проходческие комбайны, насосные установки, вентиляционные трубы, источники электроэнергии	То же
1.3	Участок угольного месторождения, электроэнергия, моторное топливо	Крепление горных выработок	Участок горной выработки с закрепленными породами кровли	Проходческие комбайны, крепи механизированные	Выбросы (основной процесс): метан, пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа
2	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, электроэнергия, вода, моторное топливо	Подъемно-транспортные работы	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, погруженная в транспортное средство, сточные воды	Конвейеры (ленточные и скребковые), выемочные машины, скипы, подлавные (скребковые) перегружатели, дробилки, насосные станции, источники электроэнергии	Выбросы (основной процесс): метан, пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Сбросы: взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты Отходы: отходы недропользования, твердые коммунальные отходы, отходы, характерные для ТО/ТР транспортных средств, мусор строительный, лом черных металлов

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2.1	То же	Очистные работы	То же	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, моторное топливо	Транспортировка горной массы в забое	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, погруженная в транспортное средство	Конвейеры (ленточные и скребковые), перегружатели (конвейерные, скребковые), канатные дороги, источники электроэнергии	Выбросы (основной процесс): пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Отходы: твердые коммунальные отходы, отходы, характерные для ТО/ТР транспортных средств, мусор строительный, лом черных металлов
2.3	То же	Транспортировка горной массы на поверхность	То же	Скиповой подъем, конвейеры (ленточные, скребковые), источники электроэнергии	То же
3	Уголь, погруженный в транспортное средство, дизельное топливо, электроэнергия, моторное топливо	Транспортировка горной массы на поверхности	Уголь, погруженный в транспортное средство	Конвейеры (ленточные и скребковые), питатели, железнодорожные вагоны, локомотивы, погрузчики, источники электроэнергии	То же

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
4	Уголь, погруженный в транспортное средство, электроэнергия, моторное топливо	Складирование угля и отходов недропользования	Товарный уголь (на складе предприятия)	Погрузчики, экскаваторы, бульдозеры, скреперы, погрузочные комплексы, машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания	То же
5	Товарный уголь (на складе предприятия)	Контроль качества угля	Товарный уголь (на складе предприятия)	Проборазделочные машины, калориметры, влагомеры, анализаторы зольности, серы и углерода, анализаторы термогравиметрические, пластометрические аппараты	-
6	Воздух горной выработки, электроэнергия	Вентиляция и дегазация	Воздух горной выработки (метановоздушная смесь)	Вентиляторы главного проветривания, передвижные дегазационные установки с водокольцевыми насосами, модульные дегазационные установки	Выбросы (основной процесс): метан, пыль неорганическая

Продолжение таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
7	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
8	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, ПАВ Отходы: отходы недропользования

Окончание таблицы 7

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
8.1	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, ПАВ
8.2	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, ПАВ
8.3	Вмещающие породы, электроэнергия, моторное топливо	Утилизация отходов недропользования	Вмещающие породы в отвалах и выработанных пространствах	Отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры	Выбросы: пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Отходы: отходы недропользования

Примечание: ТО/ТР – техническое обслуживание и ремонт

Таблица 8 – Основное оборудование для добычи угля подземным способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ⁵⁾
Выемочная машина	Добыча угля из подготовленной лавы	<u>Вынимаемая мощность:</u> 1,8–2,8 м <u>Число оборотов режущего шнека:</u> 46–56 об./мин (по данным тех. литературы) <u>Мощность режущих двигателей:</u> 960 кВт (по данным тех. литературы)
Комбайн проходческий	Проведение и креплений горных выработок	<u>Производительность:</u> 0,2–3,2 м³/мин. <u>Мощность эл. двигателя:</u> 110–300 кВт
Комбайн очистной	Проведение и креплений горных выработок	<u>Производительность:</u> 50–4000 т/ч <u>Мощность двигателя подачи:</u> 300–1000 кВт
Дробилка	Дробление угля	<u>Производительность:</u> 1800–4400 т/ч <u>Мощность приводов:</u> 160–400 кВт
Конвейер ленточный	Транспортировка горной массы конвейерным транспортом	<u>Производительность:</u> 500–4000 т/ч <u>Установочная мощность привода:</u> 55–2500 кВт <u>Скорость ленты:</u> 2,5–3,15 м/с <u>Ширина ленточного полотна:</u> 800–1600 мм
Конвейер скребковый лавный	Транспортировка горной массы конвейерным транспортом	<u>Производительность:</u> 100–4425 т/ч <u>Мощность:</u> 710–3600 кВт <u>Скорость движения цепи:</u> 1,42–1,51 м/с
Крепь	Крепление пород кровли	<u>Рабочее сопротивление:</u> 4800–12 000 кН (по данным тех. литературы)
Буровая установка	Бурение взрывных скважин	<u>Диаметр бурения:</u> 125–400 мм (по данным тех. литературы) <u>Глубина бурения:</u> до 64 м (по данным тех. литературы)
Насосная установка	Осушка скважин	<u>Производительность:</u> 19,5–300 м³/ч
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования	<u>Производительность:</u> 6,5–11 м³/мин
Дегазационная установка	Каптирование метана из угольного пласта или из выработанного пространства (с последующим сжиганием)	<u>Концентрация поступающей метановоздушной смеси:</u> 0 % – 100 % (по данным тех. литературы) <u>Производительность:</u> 60–200 м³/мин

⁵⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 8

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ⁶⁾
Установка главного водоотлива	Откачка воды из выработок на поверхность	<u>Количество ступеней</u> : 8 <u>Подача</u> : 300 м³/ч <u>Напор</u> : 480 м <u>Частота вращения</u> : 1475 об./мин. <u>Давление на входе в насос</u> : 0,05 МПа <u>Коэффициент полезного действия агрегата</u> : 64 % <u>Производительность</u> : 300 м³/ч
Кабелеукладчик	Прокладка силового кабеля	<u>Ширина</u> : 160–245 мм (по данным тех. литературы) <u>Приспособлен под кабель</u> : до 70 мм (по данным тех. литературы)
Лебедка	Перемещение горно-шахтного оборудования	<u>Тяговое усилие</u> : 150 кН <u>Мощность</u> : 30 кВт (по данным тех. литературы)
Погрузочная машина	Погрузка горной массы	<u>Грузоподъемность</u> : 3,5–25 т (по данным тех. литературы) <u>Емкость ковша</u> : 1,1–10,7 м³ (по данным тех. литературы)
Перегрузатель	Перегрузка горной массы с одного транспорта на другой	<u>Производительность</u> : 220–5230 т/ч <u>Мощность</u> : 160–500 кВт <u>Частота вращения эл. двигателя</u> : 1470 об./мин. <u>Нагрузка</u> : 400 кН
Бульдозер	Погрузочные работы	<u>Объем отвала</u> : до 11,2 м³ (по данным тех. литературы) <u>Мощность двигателя</u> : 300 кВт
Скреперная установка	Погрузочные работы	<u>Емкость ковша</u> : 8,5–18 м³ (по данным тех. литературы)
Шахтный подъемник	Подъем горной породы из шахты на поверхность	<u>Грузоподъемность</u> : до 5000 кг (по данным тех. литературы) <u>Высота подъема</u> : до 241 м (по данным тех. литературы) <u>Мощность двигателя</u> : 148–1000 кВт

⁶⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 8

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ⁷⁾
Грузоподъемное оборудование: - кран (козловой, мостовой, кран-балка); - лебедка; - лифт; - таль; - тельфер	Подъемно-транспортные и монтажные работы	–
Электровоз	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках	<u>Сила тяги</u> : 4,5–9 кН
Вагонетка	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках	<u>Грузоподъемность</u> : 3–5,6 т (по данным тех. литературы)
Вагон самоходный	Транспортировка горной породы в подземных горных выработках	<u>Грузоподъемность</u> : 20 т <u>Макс. скорость движения</u> : 9 км/ч (по данным тех. литературы)
Центробежный насос	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение	<u>Подача воды</u> : около 250–1030 м ³ /ч (по данным тех. литературы)
Подвесная монорельсовая дорога	Транспортировка оборудования	<u>Максимальная скорость транспортирования</u> : 1,9 м/с (по данным тех. литературы) <u>Допустимая нагрузка</u> : 50 кН (по данным тех. литературы)
Напеченная канатная дорога	Транспортировка людей и грузов	<u>Максимальная скорость движения</u> : 2 м/с <u>Масса единичного груза</u> : 27700 кг <u>Тяговое усилие</u> : 122 кН
Автосамосвал карьерный	Транспортировка горной породы на поверхности	<u>Грузоподъемность</u> : 130–220 т (по данным тех. литературы)
Погрузчик (породопогрузочная машина)	Транспортировка и складирование угля	<u>Объем ковша</u> : 6–14 м ³ (по данным тех. литературы)
Питатель	Регулируемая подача горной породы	<u>Производительность</u> : до 720 м ³ /ч (по данным тех. литературы)
Датчики метана	Контроль содержания метана в воздухе	<u>Напряжение питания</u> : 7–15 В (по данным тех. литературы) <u>Диапазон измерения концентрации метана</u> : 0 % – 100 % (по данным тех. литературы)

⁷⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Окончание таблицы 8

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ⁸⁾
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	<u>Мощность:</u> до 3000 кВт (по данным тех. литературы)
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей	<u>Максимальная крупность кусков угля:</u> 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 ⁹⁾
Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, водяные оросители	Орошение (в том числе предварительное) угольного массива, очистных забоев и других пылящих поверхностей	<u>Эффективность пылеподавления:</u> 70 % – 98 %
Водовоздушный эжектор	Пылеподавление при передвижке секций механизированной крепи	<u>Эффективность пылеподавления:</u> 80 % – 93 %
Ствол воздушно-пенный, пеногенератор, пенообразователь	Пылеподавление пеной при очистных работах	<u>Эффективность пылеподавления:</u> 90 % – 98 %

⁸⁾ По умолчанию – по данным анкет.⁹⁾ По умолчанию – по данным тех. литературы

Продолжение таблицы 9

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ¹⁰⁾
Пылеулавливающая установка (аспирационная установка, циклон)	Улавливание пыли при проведении буровых, выемочно-погрузочных работ и транспортировке угля конвейерным способом	<u>Эффективность пылеулавливания</u> : 80 % – 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)	<u>Степень очистки воды после первичного осветления от взвешенных веществ</u> : от 50 % до >99 % (по данным анкет)
Нефтеловушка и аналогичные устройства (боновое загрязнение, боновый фильтр)	Очистка сточных вод от нефтепродуктов	–
Флотационная машина	Очистка сточных вод от взвешенных веществ (крупных и мелкодисперсных), нефтепродуктов, железа, масел и поверхностно-активных веществ	–
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)	–
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод	<u>Степень очистки</u> воды от органических загрязнений составляет около 90 %
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа	–
Установка обеззараживания ультрафиолетовым излучением	Обеззараживание сточных вод	<u>Уровень инаktivации</u> : 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	<u>Производительность</u> : 30 м ³ /ч и более

¹⁰ По умолчанию – по данным тех. литературы

Окончание таблицы 9

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ¹¹⁾
Отвалообразователь непрерывного действия	Формирование отвалов	<u>Производительность:</u> 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 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

¹¹ По умолчанию – по данным тех. литературы

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, трапецевидной 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 нагребавших лап.

2.1.1.2.2 Фронтальные (буровые) проходческие комбайны

Буровые исполнительные органы производят одновременную обработку всего сечения проходческого забоя. 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 ¹²⁾. 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 доводится 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

¹²⁾ Камерная система отработки предполагает, что полезное ископаемое извлекается в пределах камер, разделенных междукамерными целиками.

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;
- зарядание;
- 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.

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 крепи, задвижка конвейера, концевые 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.

Очистные работы 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).

В механизированный комплекс входят [37]:

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

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 комбайн

Очистные угольные комбайны – добычные машины длинных очистных забоев, входящие в комплекс оборудования с механизированной передвижной крепью, которые механизмируют операции по отделению полезного ископаемого от массива и погрузке его на забойный конвейер.

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).

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 прослоек;

- 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,

- наличие в нижней части пласта крепкого слоя угля (земника) и слабая неровная почва также препятствуют применению струговой выемки.

2.1.2.1.2 Секции крепи

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 неподвинутых.

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 обратноразгрузочный 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: линейный, 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.

2.1.2.1.4 Конвейерные перегружатели

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

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

- по типу исполнительного органа – ленточные и скребковые;
- по способу передвижения к забою – самоходные 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.

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 продвижение лавы на некоторую длину без укорачивания или удлинения штрекового ленточного конвейера. По мере продвижения 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 самоходными, перемещаемыми с помощью проходческого комбайна или погрузочной машины.

Ширина ленты подземных конвейерных перегружателей составляет 650–800 мм, производительность – 180–300 м³/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 $+18^{\circ}$;

- 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 $+35^{\circ}$;

- 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 $+10^{\circ}$;

- 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 (применяется при транспортировке угля, породы и горной массы в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до 12°):

- грузовые самоходные вагонетки;
- тягачи с прицепными платформами;
- грузолюдские самоходные вагонетки.

Монорельсовый транспорт:

- монорельсовые дороги с канатной тягой – применяются при транспортировке материалов и оборудования, перевозке людей в горизонтальных и наклонных выработках с углами наклона до $+35^{\circ}$;

- 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 до 18°:

- участковый транспорт практически полностью конвейеризован: 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;

- по наклонным выработкам: ленточные конвейеры, канатная откатка.

На пластах с углом падения свыше 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, концевых и поддерживающих 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 нагребными 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 недропользования

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 ¹³⁾

Контроль качества угля на шахтах и разрезах осуществляют по пробам угля, отобраным из пластов. Кроме того, на шахтах, разрезах и обогатительных фабриках осуществляют контроль по пробам, отобраным 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.

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

¹³⁾ Данный подраздел является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

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 угля 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 $\pm 0,2$ % (при концентрации до 5 %). В зависимости от модификации датчики могут определять содержание в рудничном воздухе иных газов (оксид углерода, диоксид углерода, кислород, водород, суммарная концентрация 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;
- минимальная 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 [87]. Водопонижительные системы могут проектироваться с применением открытых и вакуумных водопонижительных скважин, иглофильтров, пластовых, траншейных и трубчатых дренажей, подземных дренажных выработок. Учитывая необходимые значительные затраты при определении набора мероприятий необходимо учитывать капитальные и эксплуатационные 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 (не учитывая выбросы, связанные с работой ДВС).

Эмиссия пыли при добыче угля осуществляется на всех этапах технологического процесса. При этом основная масса пыли образуется при ведении добычных работ и проведении выработок, а также при погрузке и транспортировке горной породы. Источниками эмиссии неорганической пыли являются вскрышные и вмещающие породы. Эмиссия пыли каменного угля происходит, преимущественно, на этапах транспортирования и хранения угля. Учитывая, что разделение пыли по составу может быть проведено только в лабораторных условиях, здесь и далее под неорганической пылью подразумевается совокупность веществ:

- пыли неорганической с содержанием кремния менее 20 %;
- пыли неорганической с содержанием кремния 20 % – 70 %;
- пыли неорганической с содержанием кремния более 70 %;
- пыли каменного угля.

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.

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 случаев 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.

2.1.8.1.2 Контроль состояния атмосферного воздуха ¹⁴⁾

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 преобладающими 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.

¹⁴⁾ Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

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

Согласно правилам создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13.03.2019 № 262), стационарные источники и показатели выбросов и (или) сбросов включаются в программу автоматического контроля в случае соответствия утвержденным условиям (в том числе, в случае превышения эмиссии по загрязняющим веществам, указанным в данных правилах, а также при наличии средств автоматического измерения).

Внедрение системы автоматического контроля сбросов загрязняющих веществ является обязательным для предприятий, осуществляющих добычу угля, которые отнесены к предприятиям I категории. ГОСТ Р 113.37.01-2019 «Системы автоматического контроля и учета сбросов загрязняющих веществ в угольной промышленности в водные объекты. Основные требования» устанавливает основные требования к проектированию и эксплуатации систем автоматического контроля и учета концентрации загрязняющих веществ, а также к учету показателей, характеризующих объем и качество сточных вод в угольной промышленности.

2.1.8.1.3 Технологии предотвращения загрязнения атмосферного воздуха

Предварительное увлажнение пласта угля в массиве

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 шпуров 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 (шпуров), 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.

Обработка поверхностей

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

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

пылевыведением. 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

Пылеподавление пеной широко используется при очистных работах на крутых пластах, 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 с последующей очисткой его в специальных устройствах.

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 образования 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 специальную 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 ¹⁵⁾

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 2.1.3684-21 [47] регламентирует санитарную охрану водных объектов, устанавливает требования к охране водных объектов. 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 21.02.2020 № 83. 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, подвергшуюся 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, выдаваемое в соответствии с действующим законодательством.

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

¹⁵⁾ Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

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.

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 обогатительных фабрик и производственных объектов угледобывающих предприятий (базы автотранспорта, дизелевозного депо, складов горюче-смазочных материалов и т. д.). 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 удастся 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, обработка ультрафиолетовым излучением, 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 ¹⁶⁾

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 отходов 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 обезвреживают и направляют на дальнейшее обеззараживание или утилизацию другой организации. Решение о возможности реализации того или иного способа осаднения 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). 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

¹⁶⁾ Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

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. м³/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, освещается 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 ¹⁷⁾, 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 и неорганического происхождения (взвешенных и коллоидных примесей, аммония, нитритов, нитратов, фосфатов, фенола). Обычно она применяется на предприятиях при соотношении БПК/ХПК более 0,35, рН = 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).

¹⁷⁾ 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 коагулянтom и флокулянтom 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 обеззараживания ультрафиолетовым излучением (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 м³/ч).

Технология «активной фильтрации»

Для удаления большинства загрязняющих веществ (взвешенных веществ, органических соединений, тяжелых и токсичных металлов) воды возможно применять технологию «активной фильтрации» для очистки воды.

Данная технология представляет собой последовательно соединенные аппараты непрерывного действия, осуществляющих очистку за счет перевода загрязнений в нерастворимое состояние и их последующей коагуляции. Для перевода загрязняющих веществ в малорастворимое состояние применяется:

- корректировка pH;
- введение дополнительных веществ, имеющих с извлекаемыми веществами низкие произведения растворимости;
- окисление извлекаемого ингредиента.

Для выделения высокодисперсных взвесей из большого объема очищаемой воды следует учесть, что процесс образования мало растворимых соединений и их коагуляция резко замедляются за счет т.н. кинетических факторов, определяемым низкой вероятностью встречи ионов, молекул и частиц в разбавленных растворах. Это приводит к увеличению рабочего времени контакта и габаритов очистных сооружений.

В технологии «активной фильтрации» данная проблема очистных устройств решена за счет применения вместо стандартной инертной загрузки для фильтров, веществ, активно участвующих в процессах перевода загрязняющих веществ в

нерастворимое состояние. Процесс выделения из раствора происходит непосредственно на поверхности твердого вещества засыпки, имеющей выраженные каталитические свойства. Процесс каталитического окисления совмещен с процессом коагуляции, происходящем непосредственно на поверхности твердых частиц засыпки, что значительно повышает эффективность очистки для растворов с низкой и сверхнизкой концентрацией загрязняющих веществ. В качестве окислителя выступает растворенный кислород воздуха. Другим преимуществом данной технологии является регенерация засыпки за счет механического воздействия в локальных зонах интенсивного перемещения, что позволяет увеличить скорость и объем очистки воды и получить малый объем концентрированных взвесей загрязняющих веществ, поступающих на дальнейшее обезвреживание.

В специальных случаях, требующих удаления сверхнизких концентраций особо токсичных веществ, используется введение в очищаемую воду дополнительных веществ, имеющих с ними низкие произведения растворимости.

Все процессы организованы в последовательно соединенных, однотипных технологических аппаратах непрерывного действия.

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 инаktivации 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 12 кВт·ч 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 и производственные 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 м³/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 и производственных вод

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

2.1.8.3 Утилизация отходов недропользования

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

2.1.9 Системы менеджмента¹⁸

2.1.9.1 Системы экологического менеджмента

Система экологического менеджмента (СЭМ) – это часть системы менеджмента, которая применяется для управления экологическими аспектами и выполнения прямых обязательств с учётом рисков, и возможностей. СЭМ используются организациями для улучшения своей экологической деятельности. Требования к СЭМ устанавливаются следующими документами: ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use и ГОСТ Р ИСО 14001–2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.

Под экологическими аспектами в рамках СЭМ понимаются элементы деятельности организации, которые взаимодействуют с окружающей средой и могут стать причиной негативного воздействия на неё. Организация должна определить значимые экологические аспекты видов своей деятельности и связанные с ними негативные воздействия, учитывая при этом жизненный цикл. Для угледобывающих и обогатительных предприятий актуальны следующие аспекты:

- выбросы в воздух,
- сбросы в воду,
- использование сырья и природных ресурсов,
- потребление энергии,
- выделение энергии,
- образование отходов,
- использование пространства.

После выделения значимых экологических аспектов, организация должна определить применимые к ним принятые обязательства. Необходимо также учитывать риски и возможности, которые могут быть связаны как с экологическими аспектами (негативное или благоприятное воздействие), так и с принятыми обязательствами (невыполнение или перевыполнение обязательств). Кроме того, организация должна учитывать возможное негативное воздействие от аварийных и нештатных ситуаций.

В рамках применения СЭМ предполагается разработка экологической политики, включающей обязательства по защите окружающей среды (в том числе рациональное использование ресурсов) и создающей основу для установления

¹⁸ Данный подраздел является общим для подразделов «Добыча подземным способом», «Добыча открытым способом» и «Обогащение угля».

экологических целей. Экологическая политика должна актуализироваться и доводиться до сведения работников организации.

Важным элементом СЭМ является направленность на постоянное улучшение её пригодности и результативности. Это заложено в основу циклического подхода, на котором базируется СЭМ – «планируй – делай – проверяй – действуй», где:

- планируй – разработка экологических целей и процессов, необходимых для получения результатов, соответствующих экологической политике организации;
- делай – внедрение процессов, как запланировано;
- проверяй – проведение мониторинга и измерения процессов в отношении реализации экологической политики, включая содержащиеся в ней обязательства, экологических целей и критериев работы, а также отчетности о результатах;
- действуй – выполнение действий по постоянному улучшению [29].

2.1.9.2 Системы энергетического менеджмента

Системы энергетического менеджмента (СЭНМ) применяются организациями для установления энергетической политики, целей, энергетических задач, планов действий и процессов для достижения целей и энергетических задач. Требования к СЭНМ устанавливаются следующими документами: ISO 50001:2018 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» и ГОСТ Р ИСО 50001–2023. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению.

Основой развития СЭНМ является разработка энергетической политики, которая включает планирование, внедрение, функционирование, оценивание результатов деятельности и улучшение.

При внедрении СЭНМ организация должна провести энергетический анализ, который включает анализ использования и потребления энергии, предполагающий идентификацию имеющихся видов энергии и оценку использования и потребления энергии в течение прошлого и настоящего времени. На основе данного анализа необходимо определить процессы, требующие значительного использования энергии. Для каждого из этих процессов, в свою очередь, нужно определить значимые переменные (погодные условия, условия эксплуатации, часы работы, объём производства и т. п.) и текущие энергетические результаты деятельности, выявить возможности для их улучшения, поставить энергетические цели и задачи, провести оценку будущего использования и потребления энергии.

Для измерения и мониторинга энергетических результатов деятельности, а также для демонстрации улучшения её результатов, организация должна определить показатели энергетических результатов деятельности. Также организация должна определить энергетический базис – количественную оценку, служащую основой для сравнения энергетических результатов деятельности. На основе сравнения базисных и текущих показателей энергетической деятельности формулируется вывод о выполнении или невыполнении энергетических задач и целей, достижении или недостижении улучшения энергетических результатов деятельности.

Улучшение энергетических результатов деятельности позволяет демонстрировать результативность СЭнМ и может выражаться в снижении потребления энергии в пределах границ, охваченных СЭнМ, либо в прогрессе в достижении энергетических задач и целей. Процесс улучшения энергетических результатов деятельности должен быть постоянным (но не обязательно непрерывным). При этом, внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в рамках охвата СЭнМ не является улучшением энергетических результатов деятельности.

В связи с тем, что на угледобывающих предприятиях (как и на горнодобывающих) энергетические результаты деятельности имеют тенденцию к ухудшению по мере истощения ресурсов, замедление темпов ухудшения по сравнению с энергетическим базисом может рассматриваться как улучшение результатов деятельности [22].

2.2 Добыча открытым способом

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

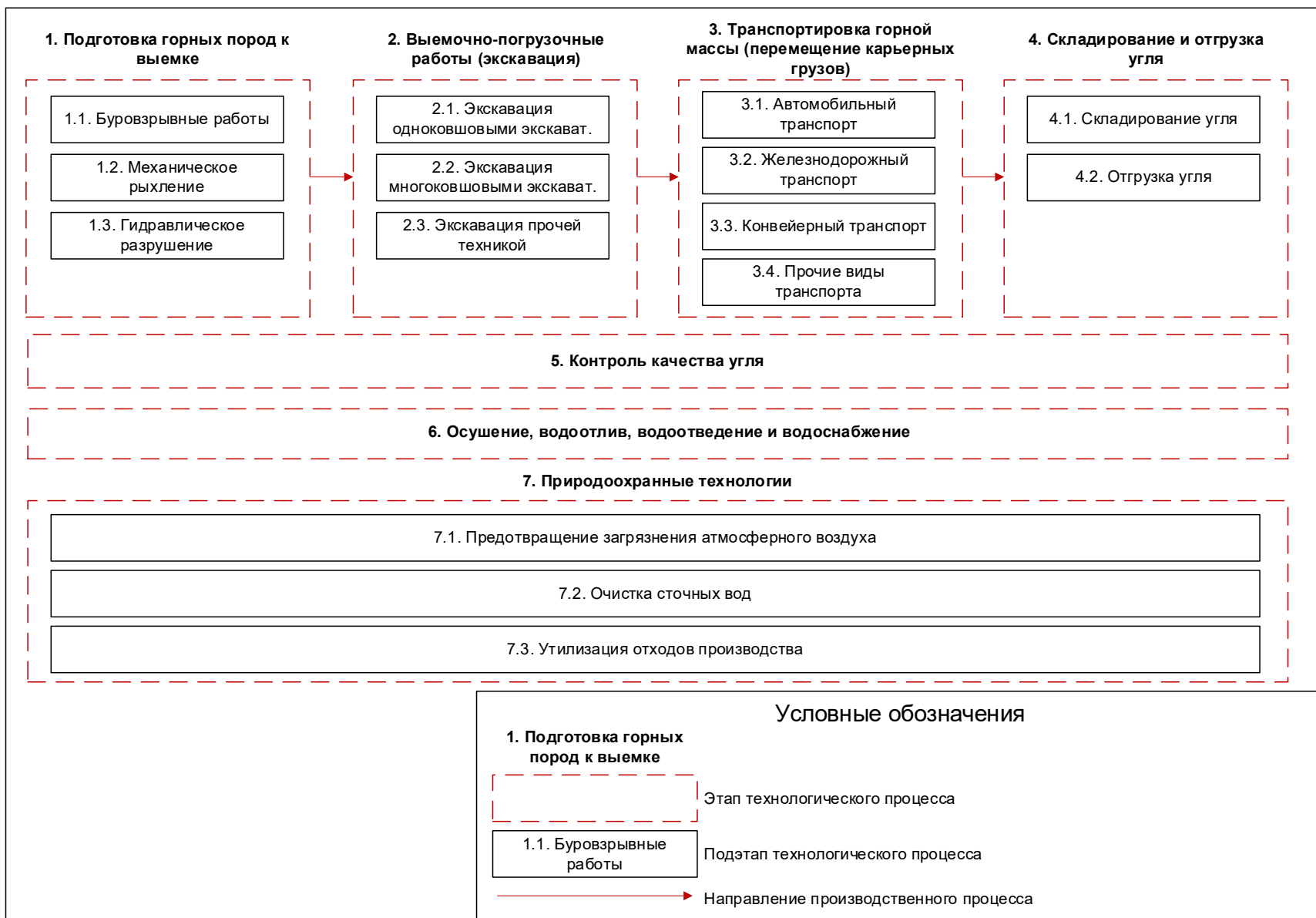


Рисунок 5 – Общая схема технологического процесса при добыче угля открытым способом

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, кабелепередвижник	Выбросы (основной процесс): пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Сбросы : взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты Отходы : отходы недропользования, твердые коммунальные отходы, отходы, характерные для ТО/ТР транспортных средств, мусор строительный, лом черных металлов

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1.1	То же	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	То же
1.2	Участок угольного месторождения, моторное топливо, электроэнергия	Механическое рыхление	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, сточные воды	Навесные рыхлители на тракторном шасси, бульдозерно-рыхлительные агрегаты	То же
1.3	Участок угольного месторождения, моторное топливо, электроэнергия, вода	Гидравлическое разрушение	Разрушенная горная масса, сточные воды	Гидромониторы	То же
2	Горная масса с требуемым средневзвешенным размером куска, моторное топливо, электроэнергия	Выемочно-погрузочные работы (экскавация)	Уголь, погруженный в транспортное средство	Экскаваторы (одноковшовые и многоковшовые), погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины	То же

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
2.1	То же	Экскавация одноковшовыми экскаваторами	Уголь, погруженный в транспортное средство	Одноковшовые экскаваторы	То же
2.2	То же	Экскавация многоковшовыми экскаваторами	То же	Многоковшовые экскаваторы (роторные и цепные)	То же
2.3	То же	Экскавация прочими видами техники	То же	Погрузчики, бульдозеры, скреперы и землеройно-транспортные машины	То же
3	Уголь, погруженный в транспортное средство, моторное топливо, электроэнергия	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов)	Товарный уголь (на складе предприятия)	Карьерные самосвалы, грейдеры, скреперы, щебнебросы, бульдозеры, локомотивы, полувагоны, шпалоподблочные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу, конвейеры, скипы, канатные дороги, кабелепередвижки, толкатели, устройства маневровые	Выбросы (основной процесс): пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Отходы: лом черных металлов, отходы, характерные для ТО/ТР транспортных средств, твердые коммунальные отходы

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
3.1	Уголь, погруженный в самосвалы, моторное топливо	Перевозка карьерными самосвалами	То же	Карьерные самосвалы, грейдеры, скреперы, щебнеразбрасывающие машины, бульдозеры	То же
3.2	Уголь, погруженный в железнодорожные составы с полувагонами, моторное топливо, электроэнергия	Перевозка железнодорожным транспортом	То же	Локомотивы (тепловозы, реже – электровозы), полувагоны, бульдозеры, шпалоподблочные и ремонтные машины, краны на железнодорожном ходу, кабелепередвижки, толкатели, устройства маневровые	То же
3.3	Уголь, погруженный на конвейерную ленту, моторное топливо, электроэнергия	Транспортировка конвейером	То же	Конвейеры, кабелепередвижки	То же
3.4	Уголь, погруженный в транспортное средство, моторное топливо, электроэнергия	Транспортировка прочими видами транспорта	То же	Скипы, канатные дороги, кабелепередвижки	То же

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
4	Товарный уголь (на складе предприятия), моторное топливо, электроэнергия	Складирование и отгрузка угля	Товарный уголь (в штабелях или отгруженный потребителю)	Погрузчики, экскаваторы, бульдозеры, скреперы, погрузочные комплексы, машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания	То же
4.1	Товарный уголь (на складе предприятия), моторное топливо	Складирование угля на штабелях	Товарный уголь (в штабелях)	Погрузчики, бульдозеры, скреперы	То же
4.2	Товарный уголь (на складе предприятия), моторное топливо, электроэнергия	Отгрузка угля потребителям	Погруженные полувагоны	Погрузчики, экскаваторы, погрузочные комплексы, машины для обдувки вагонов от снега и обработки вагонов от примерзания	То же
5	Товарный уголь (на складе предприятия)	Контроль качества угля	Товарный уголь (на складе предприятия)	Проборазделочные машины, калориметры, влагомеры, анализаторы зольности, серы и углерода, анализаторы термогравиметрические, пластометрические аппараты	-

Продолжение таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
6	Сточные воды и свежая вода, электроэнергия	Осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение	Сточные воды	Устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборники, насосные установки, трубопроводы	Сбросы: взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, нитраты, нитриты
7	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	Выбросы: пыль неорганическая Сбросы: взвешенные вещества, нефтепродукты, железо, нитраты, нитриты, ПАВ Отходы: отходы недропользования

Окончание таблицы 10

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
7.1	Пыль, электроэнергия, техническая вода	Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха	Воздух с пониженной концентрацией пыли	Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки, поливооросительные машины, пылеулавливающие установки	Выбросы: пыль неорганическая Сбросы: взвешенные вещества, нефтепродукты, железо, нитраты, нитриты, ПАВ
7.2	Сточные воды, электроэнергия	Очистка сточных вод	Очищенные сточные воды	Пруды-отстойники, установки для хлорирования воды, биоокислительные каналы, нефтеловушки	Сбросы: взвешенные вещества, нефтепродукты, железо, нитраты, нитриты, ПАВ
7.3	Вскрышные породы, электроэнергия, моторное топливо	Утилизация отходов недропользования	Вскрышные породы в отвалах и выработанных пространствах	Отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры	Выбросы: пыль неорганическая Выбросы (вспомогательный процесс – работа ДВС): углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, сажа Отходы: отходы недропользования

Примечание: ТО/ТР – техническое обслуживание и ремонт

Таблица 11 – Основное оборудование для добычи угля открытым способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ¹⁹⁾
Бульдозер	Зачистка блока при буровзрывных работах, механическое рыхление, выемочно-погрузочные работы, ремонт автодорог, перемещение рельсошпальной решетки, складирование угля, отгрузка угля, планировка отвалов	<u>Мощность двигателя:</u> 185–636 л. с. <u>Объем отвала:</u> 10,6–22,0 м ³
Буровая установка	Бурение взрывных скважин	<u>Диаметр бурения:</u> 90–270 мм <u>Глубина бурения:</u> до 60 м
Вакуумная машина, передвижная насосная установка	Осушка скважин	–
Смесительно-зарядная машина	Доставка взрывчатых веществ и зарядание скважин	<u>Производительность:</u> 15–20 т за смену (по данным тех. литературы)
Забоечная машина	Забойка скважин	<u>Производительность:</u> до 150–200 скважин за смену (по данным тех. литературы)
Трактор	Транспортировка буровой техники	<u>Мощность двигателя:</u> до 419 л. с.
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	<u>Объем ковша:</u> 1,5–33 м ³

¹⁹⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 11

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²⁰⁾
Одноковшовый экскаватор с канатной связью (драглайн)	Выемочно-погрузочные работы	<u>Емкость ковша</u> : 8–56 м ³ <u>Длина стрелы</u> : 70–90 м
Многоковшовый экскаватор	Выемочно-погрузочные работы непрерывного характера	<u>Производительность</u> : 1250–5250 м ³ /ч <u>Мощность</u> : 315–1890 кВт <u>Диаметр ротора</u> : 4–16 м <u>Объем ковша</u> : 330–1600 л
Перегружатель	Обеспечение связи между многоковшовым экскаватором и конвейером (или отвалообразователем)	<u>Производительность</u> : соответствует производительности многоковшового экскаватора
Погрузчик колесный	Выемочно-погрузочные работы, складирование угля, отгрузка угля, формирование отвалов	<u>Объем ковша</u> : 2,7–13 м ³
Карьерный автосамосвал	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) автомобильным транспортом Автосамосвалы малой грузоподъемности могут использоваться для вспомогательных работ (например, для доставки взрывчатых веществ)	Грузоподъемность: 20–360 т
Грейдер	Ремонт автодорог	Мощность двигателя: 169–397 кВт

²⁰⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 11

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²¹⁾
Скрепер	Строительство и ремонт автодорог: снятие почвенно-растительного слоя, снятие снежных наносов, доставка щебня для ремонта дорог Может ограниченно применяться при выемочно-погрузочных работах	<u>Объем ковша</u> : 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	<u>Мощность дизельных двигателей</u> : около 2 тыс. л. с.
Железнодорожный вагон	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) железнодорожным транспортом	<u>Грузоподъемность вагона</u> : 60–105 т
Толкатель	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте	<u>Тяговое усилие</u> : до 250 кН (по данным тех. литературы)
Устройство маневровое (тепловоз)	Обеспечение маневровых работ на железнодорожном транспорте	<u>Мощность</u> : 1400–2000 л.с.
Путевая машина	Обслуживание железнодорожных путей	–

²¹⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 11

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²²⁾
Конвейер	Транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов) конвейерным транспортом	<u>Производительность</u> : 100–5250 м³/ч <u>Мощность</u> : 40–1250 кВт <u>Скорость ленты</u> : 1,0–4,7 м/с
Насосная установка	Водоотвод, осушка скважин для буровзрывных работ, гидравлическое разрушение	<u>Напор (высота подъема)</u> : до 125 м <u>Производительность</u> : 300–3000 м³/ч
Погрузочный комплекс	Отгрузка угля в железнодорожные составы, в том числе с предварительной сортировкой и дроблением	<u>Производительность</u> : около 4000 т/ч <u>Емкость бункеров</u> : около 60 т
Кабелепередвижник	Перемещение кабелей на участках открытых горных работ	<u>Кабелеемкость барабана</u> : 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	–

²²⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Окончание таблицы 11

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²³⁾
Машина проборазделочная	Подготовка лабораторных проб углей	<u>Максимальная крупность кусков угля:</u> 300 мм (по данным тех. литературы)
Лабораторный комплекс с приборами для измерения состава вещества	Измерение состава и параметров проб углей	–
Калориферы	Подогрев воздуха, поступающего в помещения	–

Т а б л и ц а 12 – Природоохранное оборудование для добычи угля открытым способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²⁴⁾
Стационарные оросительные, распылительные, оросительно-вентиляционные установки	Орошение (в том числе предварительное) экскаваторных забоев, участков буровзрывных работ и других пылящих поверхностей	<u>Эффективность пылеподавления:</u> до 50 % – 100 %
Поливооросительная машина	Орошение и обработка автодорог и других пылящих поверхностей. Орошение экскаваторных забоев. Тушение возгораний	<u>Емкость бака с водой:</u> от 40 до 130 м ³ <u>Эффективность пылеподавления:</u> до 50 % – 100 % [54]
Пылеулавливающая установка	Улавливание пыли при проведении буровых, выемочно-погрузочных работ и транспортировке угля конвейерным способом	<u>Эффективность пылеулавливания:</u> до 99,9 % Улавливаются частицы размером от 0,05 мкм

²³⁾ По умолчанию – по данным анкет.²⁴⁾ По умолчанию – по данным тех. литературы

Продолжение таблицы 12

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²⁵⁾
Зумпф	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)	—
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель со взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)	<u>Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам:</u> от 50 до >99 %
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	<u>Степень очистки воды по органическим загрязнениям:</u> около 90 %
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа	—
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод	<u>Уровень инаktivации:</u> 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	<u>Производительность:</u> 30 и более м ³ /ч

²⁵ По умолчанию – по данным тех. литературы

Окончание таблицы 12

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ²⁶⁾
Отвалообразователь непрерывного действия	Формирование отвалов	<u>Производительность:</u> 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 предохранительного 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.

²⁶⁾ По умолчанию – по данным тех. литературы

Ряд станков имеет возможность осуществлять как вращательное, так и ударно-вращательное бурение (Atlas Copco PV271, PV275, DM-M2, DML 1200 и т. п.).

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 (например, БТС-150 и т. п.) имеют возможность осуществлять как шнековое, так и шарошечное 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:

- зарядание, 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.

Зарядание, монтаж взрывной сети и забойка

Перевозка взрывчатых веществ (материалов) осуществляется с помощью специальных автомобилей на грузовом шасси. Доставка взрывчатых веществ и зарядание 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 зарядания 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 (врубная) 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 (2УГН, УНВ, ГР-16/40).

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 однобортной или двухбортной фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно длинной оси карьерного поля;
- поперечные, при которых однобортной или двухбортной 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.

По способу перемещения вскрышных пород системы разработки месторождений открытым способом делятся на транспортные и бестранспортные. При использовании транспортных систем разработки вскрышные породы перемещаются к пункту назначения с помощью специализированных транспортных средств. В том числе могут применяться следующие виды транспорта: автомобильный, железнодорожный, гравитационный, конвейерный, автомобильные и скиповые и подъемники, подвесные дороги и их сочетания в разных вариантах. Бестранспортные системы разработки предполагают использование экскаваторов (с механической лопатой и драглайнов) для перемещения вскрышных пород.

При разработке горизонтальных или пологих залежей по окончании горно-подготовительных работ создается первичный фронт вскрышных и добычных разрезов; 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: однобортным, двухбортным, центральным, периферийным и рассредоточенным [57].

Большинство угольных разрезов Кузбасса разрабатываются по углубочной продольной одно- или двухбортной 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 циклическим 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

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. Гидравлические экскаваторы обладают высокой подвижностью стрелы, рукояти и ковша, а также большим усилием копания.

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.

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 м³. Для вспомогательных работ используются строительные (универсальные) экскаваторы с ковшами малой емкости (0,5–2 м³).

Для вскрышных работ применяются драглайны серий ЭВГ (экскаваторы вскрышные гусеничные) и ЭШ (экскаваторы шагающие: ЭШ-40/85, ЭШ-20/90, ЭШ-11/70, ЭШ-10/70, ЭШ-15/90). Экскаваторы обеих серий снабжены длинной стрелой (до 90 м) и большими ковшами (вместимостью до 40 м³). Они способны перегружать вскрышную породу сразу в отвал или в выработанное пространство.

2.2.2.2 Экскавация многоковшовыми экскаваторами

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 полиспадах. 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 м³. Производительность цепных экскаваторов составляет от 800 до 10 000 м³/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 м³. Производительность большинства роторных экскаваторов составляет от 630 до 5000 м³/ч и более [35].

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

2.2.2.3 Экскавация прочей техникой

За исключением экскаваторов при выемочно-погрузочных работах, могут применяться: скреперы, погрузчики, бульдозеры и землеройно-транспортные машины. Преимущественно они используются на вспомогательных работах (строительство дорог, подготовка рабочих и отвальных площадок), но иногда могут применяться и для погрузки угля и вскрышных пород.

Скреперы могут 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 м³. Производительность скрепера с ковшом 15 м³ может составить 250–400 м³/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 м³. 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 циклическим 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 средней 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 %).

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 шпалоподблочные 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 транспортной ленты.

Длина става конвейера с одним приводом может составлять 400–1500 м, ширина транспортной ленты – от 0,9 до 3,6 м. Скорость движения конвейеров составляет 2–6 м/с. Производительность конвейеров может составлять от 500 до 5000 м³/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 сортам, сортам, 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 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 перегрева 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 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.

Противодействие смерзанию

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.

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 грохоте;
- дробление угля;
- доставку угля наклонным конвейером;
- 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 м³/ч и рассчитываются на прием не менее 3-часового нормального притока воды. Насосные станции сооружают у водосборников и оборудуют водоотливными установками; 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. м³/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.

Суммарные 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, ликвидация горных выработок, 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 пылевыведения 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), взрывааемых 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/м³ 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 взрывааемых 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 CaCl₂ или снежно-ледяную смесь.

Для уменьшения пылевыведения 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, смоленных синтетических жирных кислот и парафина. Гидрогель изготавливают 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 м² 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. Смоченная водой пыль вместе с буровой мелочью выносится из скважины и вентилятором местного проветривания отбрасывается от устья скважины. Системами орошения воздушно-водяной смесью оснащаются 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 гидropоезда, специальные поливочные машины, стационарные и полустационарные гидромониторные установки. Гидropоезд 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 количества 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 пылевыведения 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. 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.

Высокой эффективностью очистки от промышленной пыли на сегодняшний день обладают фильтры сухой очистки (рукавные, карманные, картриджные) на основе тканевых материалов (в основном, синтетических – полиэстера, полиэфира, полиамида и пр.). Фильтры сухой очистки работают на использовании сил инерции, адгезии и броуновской диффузии. Газовый поток, двигаясь сквозь фильтрованную ткань, огибает волокна, а крупные частицы по инерции движутся прямо, сталкиваются с волокном и остаются на нем. Более мелкие частицы при проходке через фильтрованную поверхность зацепляются, прилипают 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 фильтрующей ткани от пыли предусмотрена ее регенерация путем механического встряхивания или продувки материала противотоком сжатого воздуха. Главным достоинством этих фильтров является высокая степень (99 % и более [65]) очистки, с остаточной концентрацией не более 20 мг/м³. Промышленные тканевые пылеуловители могут иметь различную форму, габариты, а также различное применение фильтровальных рукавов, карманов или картриджей, работающих параллельно. Фильтрующую роль могут выполнять различного вида фильтровальные материалы (хлопок, дакрон, нитрон, стекловолокно, металлоткань, полиэстер, полиамид, полифениленсульфид, мета-арамид и многие др.). Фильтры сухой очистки могут работать при отрицательных температурах и со взрывоопасными материалами. Большим плюсом данного оборудования является возможность возврата уловленного материала обратно в технологический процесс без дополнительных манипуляций по осушке (и прочее), а также уход от шламового хозяйства.

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.

Т а б л и ц а 13 – Усредненные показатели работы пылеулавливающих аппаратов [65]

Пылеуловители	Запыленность газов на входе, г/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 50–100	Более 0,1	98–99,99
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 для отдельных крупных фракций, группового циклона, гидравлического осадителя для улавливания тонкодисперсной пыли и вентилятора высокого давления. При начальной концентрации пыли около 400 г/м³ коэффициент пылеочистки составляет 99,9 %.

Фильтровентиляционные установки роторных экскаваторов включают фильтры, кондиционеры и циклоны. Система сухого пылеулавливания ленточного конвейера может включать циклоны и фильтровальные установки сухой очистки (карманные фильтры).

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 гидромulьчирование).

Срок действия противозерозионных 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 м³/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 недропользования и отходами производства ²⁷⁾

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). В подземной добыче угля доминируют вмещающие породы (в среднем более 90 % массы), которые также относятся к V классу опасности.

К остальным видам отходов, формирующихся на угольных разрезах и шахтах, относятся: золошлаковая смесь, лом черных металлов, отработанные покрышки, твердые бытовые (коммунальные) 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 и вмещающими породами.

В соответствии с российским законодательством вскрышные и вмещающие породы попадают под регулирование двух федеральных законов: Закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. N 2395-I «О недрах» (далее – Закон о недрах) и Федерального закона от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (далее – Закон об отходах) в редакции Федерального закона от 14 июля 2022 г. № 343-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». В зависимости от порядка и сроков использования вскрышных и вмещающих пород в производственном процессе они могут рассматриваться как отходы недропользования и как отходы производства и потребления. Правовой

²⁷⁾ Данный пункт является общим для подразделов «Добыча подземным способом» и «Добыча открытым способом».

статус вскрышных и вмещающих пород подробно рассмотрен в ИТС-16 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы».

2.2.7.3.1 Обращение с отходами недропользования

В соответствии с Законом о недрах отходы недропользования делятся на две группы:

- отходы недропользования, не включающие вскрышные и вмещающие породы (шламы, хвосты обогащения полезных ископаемых и иные отходы геологического изучения, разведки, добычи и первичной переработки минерального сырья, содержащие полезные ископаемые и полезные компоненты или не содержащие их), использование которых регулируется статьей 23.4 Закона о недрах;

- вскрышные и вмещающие породы, использование которых регулируется статьей 23.5 Закона о недрах.

Особенности обращения с отходами недропользования, которые не включают вскрышные и вмещающие породы (для угольной промышленности это в первую очередь хвосты обогащения), подробно описаны ниже в разделе 2.3.10.3.

Согласно статье 23.5 Закона о недрах вскрышные и вмещающие породы не являются отходами производства и потребления (вне зависимости от факта их включения в федеральный классификационный каталог отходов), за исключением случаев, указанных в разделе 2.2.7.3.2. Вскрышные и вмещающие породы могут быть использованы недропользователем следующим образом:

- 1) для добычи полезных ископаемых и полезных компонентов;
- 2) для собственных производственных и технологических нужд;
- 3) для ликвидации горных выработок и иных сооружений, связанных с использованием недрами;
- 4) для рекультивации земель;
- 5) для ведения горных работ;
- 6) для передачи иному пользователю недр в целях использования таким пользователем передаваемых вскрышных и вмещающих горных пород для собственных производственных и технологических нужд, ликвидации горных выработок и иных сооружений, связанных с использованием недрами, рекультивации земель в объеме, предусмотренном для выполнения соответствующих работ в технических проектах или иной проектной документации на выполнение таких работ;
- 7) для передачи иному лицу в целях использования таким лицом передаваемых вскрышных и вмещающих горных пород для собственных производственных и технологических нужд, не связанных с осуществлением пользования недрами.

Порядок и сроки использования вскрышных и вмещающих пород недропользователем, устанавливаются утверждёнными техническими проектами.

Вскрышные и вмещающие породы угольных месторождений могут использоваться различными способами. В частности, 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.

Также вскрышные и вмещающие породы могут направляться на производство строительных материалов. Строительные материалы из отходов недропользования могут быть использованы прямо на предприятии (например, для возведения дамб хвостохранилищ) либо могут быть направлены на продажу. Однако этот способ использования отходов характеризуется двумя важными недостатками. Во-первых, объемы образования вскрышных и вмещающих 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 этих пород. Во-вторых, вскрышные и вмещающие 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 соответствии со статьей 23.5 Закона о недрах, вскрышные и вмещающие породы размещаются в специальных отвалах, не имеющих статус объектов размещения отходов. Влажные породы перед размещением в отвалах могут подвергаться предварительному обезвоживанию. Отвалы в процессе эксплуатации требуют осуществления мер по защите от ветровой эрозии.

2.2.7.3.2 Обращение с отходами производства

В соответствии со статьей 23.5 Закона о недрах, в ряде случаев вскрышные и вмещающие породы могут быть признаны отходами производства, в том числе:

1) в случае их неиспользования в целях, перечисленных выше в разделе 2.2.7.3.1 – со дня истечения срока их использования, установленного утвержденными техническими проектами, иной предусмотренной Законом о недрах проектной документацией и (или) проектом рекультивации земель;

2) в случае, если лицо, право пользования недрами которого было досрочно прекращено в соответствии со статьей 20 Закона о недрах, не приступило к их использованию для ликвидации горных выработок и иных сооружений, связанных с пользованием недрами, рекультивации земель (за исключением случая предоставления участка недр, право пользования которым было досрочно прекращено, в пользование иному лицу по основаниям, предусмотренным статьей Закона о недрах) – со дня истечения одного года со дня досрочного прекращения

прав пользования недрами, при осуществлении пользования которыми были образованы вскрышные и вмещающие породы;

3) в случае, если лицо, право пользования недрами которого было досрочно прекращено в соответствии со статьей 20 Закона о недрах, не использовало весь накопленный объем вскрышных и вмещающих горных пород (за исключением случая предоставления участка недр, право пользования которым было досрочно прекращено, в пользование иному лицу по основаниям, предусмотренным статьей 10.1 Закона о недрах) – со дня истечения пяти лет со дня досрочного прекращения прав пользования недрами, при осуществлении пользования которыми они были образованы.

В вышеперечисленных случаях, вскрышные и вмещающие породы, образуемые при разработке месторождений угля, подлежат утилизации как отходы производства и должны размещаться в отвалах, имеющих статус объектов размещения отходов. Использование таких отходов для ликвидации горных выработок, рекультивации земель и иными способами не предусматривается.

2.2.7.3.3 Предварительная обработка размещаемых пород

Предварительная сортировка отходов производства и отходов недропользования позволяет отделить потенциально полезную продукцию от отходов, подлежащих окончательному захоронению. 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].

2.2.7.3.4 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 м³ и длиной стрелы до 100 м, а также механические лопаты с вместимостью ковша 35 м³ 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: отвальные плуги, одноковшовые экскаваторы, бульдозеры, скипы, скреперы, абзетцеры, 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 подступа. Экскаватор размещается на кровле верхнего подступа, на которой расположен железнодорожный (или автомобильный) путь. Порода разгружается из думпкаров в приемную яму (емкостью 200–300 м³). 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 может осуществляться в рамках бестранспортной системы разработки.

При транспортировке породы автомобильным транспортом отвалообразование обычно осуществляется бульдозерами. 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 27.11.2020 № Пр-469 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности». Согласно данной инструкции предупреждение самовозгорания должно обеспечиваться следующим образом:

- формирование породных отвалов без выступов в угловых частях, придание породным отвалам округлой формы (создание плавного перехода между сторонами породного отвала, между откосами и горизонтальными частями);
- выколаживание откосов породных отвалов (угол откоса не должен превышать 20°–25°);
- уплотнение отвальной массы специальными или транспортными средствами, высота уплотняемого слоя не должна превышать 0,5–1,0 м;
- создание плотных воздухонепроницаемых породных отвалов, формируемых послойным складированием пород и их последующее уплотнение, заиливание или перекрытие слоев складированной породы негорючими (изолирующими) материалами;
- формирование противопожарного барьера на сопряжении горящего и не горящего породных отвалов – отрезной траншеи до почвы породного отвала шириной не менее 5 м и заполнение ее изолирующими материалами;
- снижение при добыче и обогащении полезного ископаемого содержания горючих веществ в горной массе, направляемой на складирование в породные отвалы.

При отсыпке плоских породных отвалов толщина слоя пород не должна превышать:

- 1,0 м – на породном отвале разреза, шахты;
- 0,75 м – на породном отвале, общем для разреза, шахты или фабрики;
- 0,5 м – на породном отвале обогатительной фабрики.

Первый ярус породного отвала должен формироваться от границы породного отвала к центру. Высота первого яруса породного отвала не должна превышать 10 м, угол внешнего откоса – 20–25°. Внешний откос породного 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 должна производиться глиной, суглинком, песком, инертной пылью, охлажденной золой котельных установок, перегоревшей охлажденной породой отвалов, отходами камнедробильных производств.

Верхняя отметка породного отвала должна быть на 0,5–1,0 м ниже земной поверхности окружающего рельефа. Поверхность породного отвала планируют,

уплотняют и перекрывают изолирующими материалами слоем мощностью не менее 1,0 м.

2.2.7.3.5 Ликвидация горных выработок 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.

Ликвидация горных выработок (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 осажается 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/м³ для каменного угля и 1800–2000 кг/м³ 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 (Таблица 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 потребуются 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 преимущественно 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.

Т а б л и ц а 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)

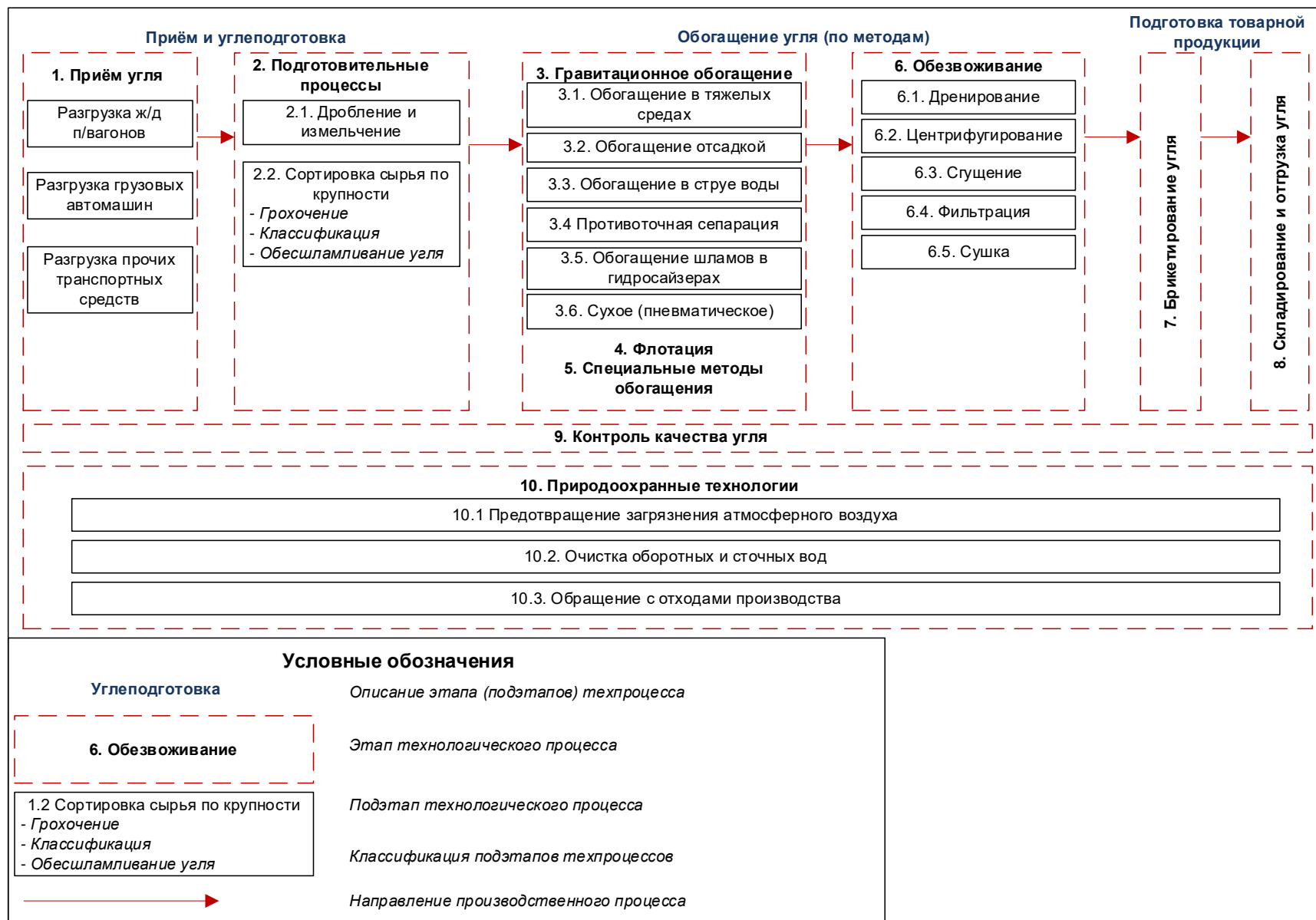


Рисунок 6 – Общая схема технологического процесса обогащения угля

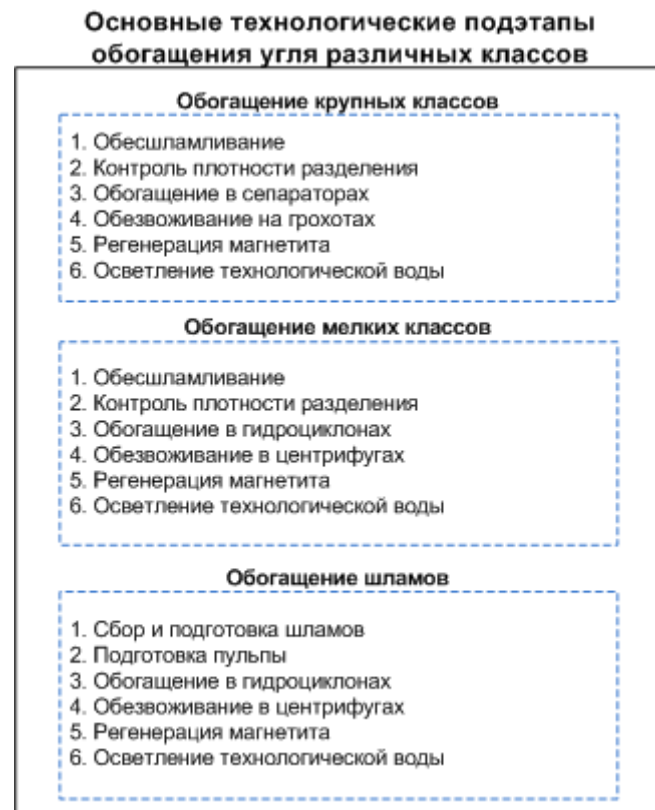


Рисунок 7 – Основные технологические подэтапы обогащения угля различных классов крупности

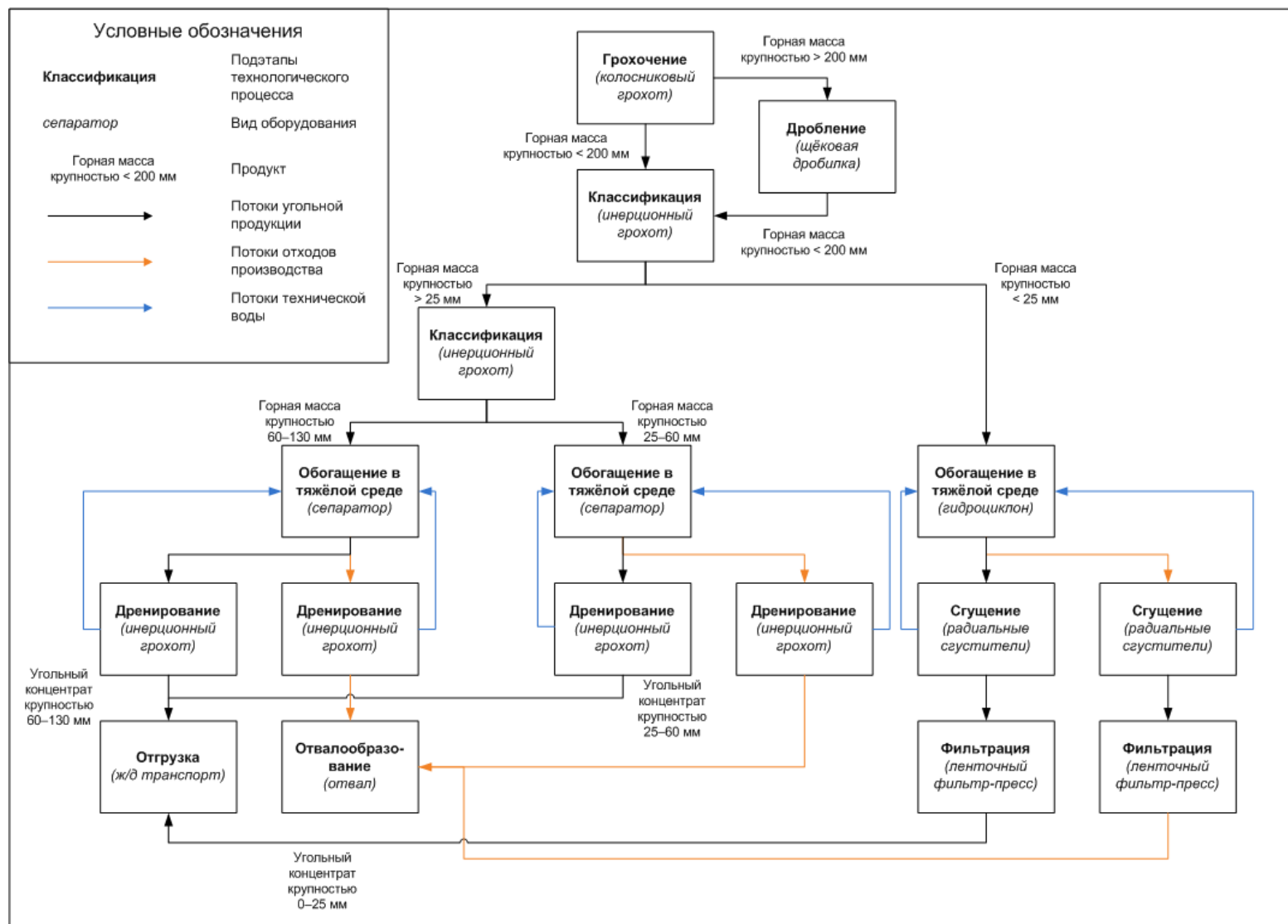


Рисунок 8 – Типовая схема потоков угля, отходов недропользования и технической воды по подэтапам технологического процесса (на примере Тугуйской обогатительной фабрики)

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, азота оксид, серы диоксид, сажа и т. д.)
2	Горная масса, электроэнергия, вода	Подготовительные процессы	Классифицированный уголь, шлам	Питатели, дробилки, классификаторы, грохоты, гидроциклоны	Пыль неорганическая Сточные воды
2.1	Рядовой уголь, электроэнергия	Дробление	Горная масса (раздробленная или измельченная)	Питатели, дробилки	Пыль неорганическая
2.2	Рядовой уголь, электроэнергия, вода	Сортировка сырья по крупности	Классифицированный уголь, шлам	Классификаторы, грохоты, гидроциклоны	Пыль неорганическая Сточные воды
2.2.1	То же	Грохочение ²⁸⁾	Классифицированный уголь, шлам	Грохоты	То же
2.2.2	То же	Классификация	То же	Классификаторы, гидроциклоны	То же
2.2.3	То же	Обесшламливание угля	То же	То же	То же

²⁸⁾ 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 ²⁹⁾ , вспомогательные продукты (магнетит), вода	Гравитационное обогащение	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), вспомогательные продукты (магнетит)	Сепараторы, отсадочные машины, концентрационные столы, шлюзы, желоба, насосы, гидроциклоны	Пыль неорганическая Сточные воды Отходы обогащения
3.1	Классифицированный уголь, электроэнергия, суспензия (магнетит, вода, воздух), вода	Обогащение в тяжелых средах	То же	Тяжелосредные сепараторы, тяжелосредные гидроциклоны насосы	Сточные воды Отходы обогащения
3.2	Классифицированный уголь, электроэнергия, вода	Обогащение отсадкой (не применяется для шламов)	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт)	Отсадочные машины, насосы	Сточные воды Отходы обогащения
3.3	То же	Обогащение в наклонно текущем потоке	То же	Концентрационные столы, шлюзы, желоба, винтовые сепараторы, насосы, сепараторы противоточные	То же
3.4	Сухой классифицированный уголь, электроэнергия	Сухое обогащение	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Сепараторы, отсадочные машины	Пыль неорганическая Отходы обогащения

²⁹⁾ 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
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	Классифицированный уголь, шлам, электроэнергия, масляные реагенты	Специальные методы обогащения	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Амальгаматоры, сита, магнитные и термоманитные сепараторы, аэросуспензионные, электростатические, коронные, диэлектрические, трибоадгезионные, комбинированные, рентгенометрические сепараторы, сепараторы обогащения по форме, трению и объемной прочности и т. д.	Пыль неорганическая Отходы обогащения
6	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), порода (влажный продукт), электроэнергия	Обезвоживание, сгущение, сушка	Обезвоженный угольный концентрат	Грохоты, элеваторы, центрифуги, отстойники, фильтры, сушильные аппараты, насосы	Пыль неорганическая Сточные воды

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
6.1	Угольный концентрат (влажный продукт), порода (влажный продукт), электроэнергия	Дренаживание	Угольный концентрат, промпродукт, порода	Грохоты, элеваторы	Сточные воды
6.2	Угольный концентрат (влажный продукт), промпродукт (влажный продукт), электроэнергия	Центрифугирование	Угольный концентрат, промпродукт	Центрифуги	Сточные воды
6.3	Угольный концентрат (пульпа), электроэнергия	Сгущение	Угольный концентрат	Отстойники	Сточные воды
6.4	Угольный концентрат, промпродукт, сгущенная пульпа, электроэнергия	Фильтрация	Угольный концентрат, промпродукт, сгущенная пульпа	Фильтр-прессы, вакуум-фильтры, гипербарфильтры	Сточные воды
6.5	Угольный концентрат, промпродукт, шлам, электроэнергия	Сушка	Угольный концентрат, промпродукт, шлам	Барабанные сушиллки, трубы-сушиллки, прочие сушиллки	Пыль неорганическая Сточные воды

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
7	Угольный концентрат, промпродукт, шлам, продукты сгущения, электроэнергия, тепло, пар, связующие вещества	Брикетирование	Угольные брикеты, промпродукт, шлам, продукты сгущения	Прессы (ударные, валковые, вальцовые, шнековые), экструдеры, гомогенизаторы, конвейеры, дозаторы, мешалки, сушильные аппараты, бункеры, грохоты, питатели, насосы	Пыль неорганическая Сточные воды
8	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.)
9	Угольный концентрат, промпродукт, моторное топливо, электроэнергия	Контроль качества угля	Товарный уголь (отсортированный по классам крупности и иным параметрам)	Проборазделочные машины, калориметры, влагомеры, анализаторы зольности, серы и углерода, анализаторы термогравиметрические, пластометрические аппараты	Пыль неорганическая Выбросы от ДВС (углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, азота оксид и т. д.)

Продолжение таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
10	Пыль, оборотные и сточные воды, хвосты обогащения, электроэнергия, вода	Природоохранн ые технологии	Воздух с пониженной концентрацией пыли, осветленная обратная 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, вода	Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха	Воздух с пониженной концентрацией пыли	Пылеулавливающие установки	Пыль неорганическая Сточные воды
10.2.1	Оборотные воды, электроэнергия	Осветление оборотных вод	Осветленная обратная 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

Окончание таблицы 15

№	Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
10.3	Хвосты обогащения, электроэнергия, моторное топливо	Обращение с отходами недропользования	Хвосты обогащения в гидроотвалах и отвалах	Отвалообразователи, автосамосвалы, бульдозеры, погрузчики, конвейеры	Пыль неорганическая Выбросы от ДВС (углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, азота оксид и т. д.) Сточные воды Отходы обогащения

Примечание: ТО/ТР – техническое обслуживание и ремонт

Таблица 16 – Основное оборудование, используемое при обогащении угля

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³⁰⁾
Устройства для передвижения вагонов (локомотив, толкатель, устройство маневровое)	Маневровые операции при разгрузке и погрузке железнодорожных полувагонов	<u>Максимальное тяговое усилие</u> (мощность дизельных двигателей): около 2 тыс. л. с. (по данным тех. литературы)
Вагоноопрокидыватель	Разгрузка железнодорожных полувагонов	<u>Грузоподъемность</u> : до 110 т <u>Производительность</u> : 1000–1860 т/ч
Рыхлитель	Рыхление слежавшихся или смерзшихся грузов	<u>Производительность</u> : 60–240 т/ч (по данным тех. литературы)

³⁰⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³¹⁾
Железоотделитель	Удаление ферромагнитных предметов из разгруженного угля	<u>Глубина зоны извлечения:</u> до 270 мм (по данным анкет), до 700 мм (по данным тех. литературы) <u>Масса извлекаемых предметов:</u> до 40 кг
Барабанный магнитный (электромагнитный) сепаратор	Регенерация суспензии	<u>Производительность сепаратора для регенерации суспензии по исходному материалу:</u> 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	<u>Производительность:</u> 16–1600 т/ч <u>Размер загружаемого материала:</u> до 250 мм <u>Размеры рабочей поверхности:</u> до 36 м ² <u>Эффективность:</u> 70 % – 98 % (по данным тех. литературы)
Барабанный грохот-дробилка	Отделение негабаритов и крупных посторонних предметов (предварительное грохочение)	<u>Производительность по питанию:</u> до 1000 т/ч
Установка дробильно-сортировочная	Дробление и сортировка углей по крупности	<u>Производительность:</u> 10–1000 т/ч (по данным тех. литературы) <u>Мощность:</u> 15–2600 кВт (по данным тех. литературы)
Классификатор	Классификация углей (сортировка по крупности)	<u>Крупность поступающего угля:</u> до 3 мм (по данным тех. литературы)

³¹⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³²⁾
Дробилка	Дробление угля Получение товарных классов углей	<u>Крупность поступающих кусков угля:</u> до 600 мм <u>Крупность дробленного продукта:</u> 100–150 мм <u>Производительность:</u> до 400 т/ч
Перегрузатель	Перегрузка угля из бункеров на конвейеры	–
Питатель	Равномерная подача горной массы из бункера в основное оборудование.	<u>Производительность:</u> 275–1100 м ³ /ч <u>Крупность загружаемого материала:</u> до 1200 мм <u>Ширина полотна:</u> до 2400 мм
Конвейер	Перемещение рядовых углей в корпус обогащения Перемещение товарных классов углей и отходов	<u>Производительность:</u> до 1920 т/ч <u>Ширина ленты:</u> до 2000 мм
Сепаратор тяжелосредный	Обогащение	<u>Производительность:</u> до 750 т/ч <u>Крупность материала:</u> до 300 мм
Гидроциклон	Обогащение угля. Классификация угольного шлама. Сгущение отходов магнитной сепарации	<u>Производительность:</u> до 11200 м ³ /ч <u>Диаметр:</u> до 380 мм
Отсадочная машина	Обогащение	<u>Производительность:</u> до 800 т/ч
Концентрационный стол, шлюз, желоб, винтовой сепаратор	Обогащение	–
Сепаратор противоточный	Обогащение	–
Установка сухого обогащения	Обогащение	<u>Производительность:</u> до 480 т/ч (по данным тех. литературы)

³²⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³³⁾
Флотомашина	Обогащение угольного шлама	<u>Крупность исходного шлама:</u> 0-0,2 (0,5) мм <u>Производительность:</u> до 1000 м ³ /ч по пульпе; до 120 т/ч по сухому веществу
Вакуум-фильтр, гипербарфильтр	Обезвоживание флотоконцентрата	<u>Производительность:</u> 50–90 т/ч
Труба-сушилка, барабанная сушилка	Термическая сушка флотоконцентрата	<u>Производительность:</u> до 250 т/ч
Спиральный сепаратор	Обогащение угольного шлама	<u>Крупность исходного шлама:</u> 0,1–3 мм <u>Производительность:</u> до 350 м ³ /ч по пульпе
Гидросайзер (гидроклассификатор)	Классификация угольного шлама	<u>Производительность:</u> 30–120 т/ч
Дуговое сито	Обесшламливание Отмывка и обезвоживание мелкой породы	<u>Производительность:</u> до 144,5 м ³ /ч
Насос	Перекачка воды, угольных и магнетитовых суспензий	<u>Производительность:</u> до 1800 м ³ /ч
Элеватор обезвоживающий	Обезвоживание угля	<u>Мощность:</u> до 55 кВт <u>Производительность:</u> до 455 т/ч
Сгуститель (радиальный, пластинчатый)	Осветление шламовых вод Сгущение шлама	<u>Производительность:</u> до 1425 т/ч <u>Диаметр:</u> до 30 м <u>Производительность пластинчатого сгустителя:</u> на единицу занимаемой площади в 5–10 раз больше по сравнению с радиальным сгустителем
Центрифуга	Обезвоживание мелкого концентрата	<u>Производительность:</u> до 250 т/ч по исходному продукту <u>Крупность материала:</u> 0,15–50 мм

³³⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Продолжение таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³⁴⁾
Фильтры (фильтр-прессы, гипербар-фильтры)	Обезвоживание угольного шлама	<u>Производительность</u> : до 100 т/ч
Установка брикетирования угля	Брикетирование	<u>Производительность</u> : до 50 т/ч по сухим брикетам (по данным тех. литературы)
Погрузчик	Транспортировка разгруженного угля Складирование угля	<u>Объем ковша</u> : 6–14 м ³ (по данным тех. литературы)
Экскаватор	Складирование и погрузка угля	<u>Емкость ковша</u> : до 40 м ³ (по данным тех. литературы)
Штабелеукладчик	Укладка угля в штабели	–
Компрессорное оборудование	Обеспечение пневматического привода оборудования	<u>Производительность</u> : до 60 м ³ /мин
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	<u>Максимальная крупность кусков угля</u> : 300 мм

³⁴⁾ По умолчанию – по данным анкет.

Окончание таблицы 16

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³⁵⁾
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	<u>Производительность</u> : 2000–25000 м ³ /ч

Таблица 17 – Природоохранное оборудование

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³⁶⁾
Пылеуловитель	Улавливание пыли технологических газов и воздуха на сушильных установках, в системах промышленной вентиляции и аспирации УОФ	<u>Производительность</u> : фильтры циклонного типа: - ПБЦ (12–175 тыс. м ³ /ч); - ПБЦГ (15–180 тыс. м ³ /ч); тканевые фильтры: - карманные, картриджные фильтры (1–150 тыс. м ³ /ч); - рукавные фильтры (15–2 000 тыс. м ³ /ч). <u>Эффективность пылеулавливания</u> : фильтры циклонного типа – 70–95 % тканевые фильтры – до 98–99,9 %
Аппарат мокрой газоочистки	Окончательная очистка запыленных газов мокрым способом в системах аспирации и промышленной вентиляции УОФ	<u>Производительность</u> : 12–175 тыс. м ³ /ч <u>Эффективность</u> : до 97 %

³⁵⁾ По умолчанию – по данным анкет.³⁶⁾ По умолчанию – по данным тех. литературы

Окончание таблицы 17

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики ³⁷⁾
Зумпф	Предварительное осветление воды (удаление взвешенных частиц)	–
Пруд-отстойник и аналогичные устройства (отстойник, осветлитель со взвешенным слоем осадка)	Осветление воды (удаление тяжелых взвешенных частиц)	<u>Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам:</u> от 50 % до >99 %
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	<u>Эффективность флотации:</u> до 95 % – 98 %
Установка для обеззараживания воды хлорированием	Обеззараживание сточных вод (удаление бактерий)	–
Установка окисления активным илом	Биологическая очистка сточных вод	<u>Степень очистки воды органическим загрязнением:</u> около 90 %
Установка озонирования	Обеззараживание сточных вод, удаление железа	–
Установка обеззараживания УФ-излучением	Обеззараживание сточных вод	<u>Уровень инаktivации:</u> 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	<u>Производительность:</u> 30 м ³ /ч и более

³⁷⁾ По умолчанию – по данным тех. литературы

2.3.1 Прием угля

В зависимости от места расположения и типа углеобогащательной 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 определённому 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 получают 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 мелкого 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, рифлеными или зубчатыми цилиндрическими поверхностями.

В зависимости от конструктивных особенностей и назначения применяют валковые дробилки следующих типов:

- одновалковые;
- двухвалковые;
- двухвалковые с зубчатыми валками;
- четырехвалковые с гладкими валками.

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 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.

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, капролак 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 виде 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 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 вибрации 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 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

обесшламливания 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/см³. 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 (гидравлические) гравитационные процессы и сухие (пневматические). 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 потребуются подсушка, а, следовательно, дополнительные затраты.

Выбор применения гидравлического или пневматического обогащения зависит от обогатимости обрабатываемого угля, от климатических условий, экономических факторов.

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 (водно-утяжеленной) среде или в воздушных взвешах (аэросуспензиях). В качестве

тяжелых сред применяют однородные органические жидкости и их растворы, водные растворы солей и суспензии.

К органическим тяжелым жидкостям относятся: трихлорэтан ($\delta = 1460 \text{ кг/м}^3$), четыреххлористый углерод ($\delta = 1600 \text{ кг/м}^3$), пятихлорэтан ($\delta = 1680 \text{ кг/м}^3$), дибромэтан ($\delta = 2170 \text{ кг/м}^3$), бромформ ($\delta = 2810 \text{ кг/м}^3$) 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 ($\delta = 1654 \text{ кг/м}^3$), хлористого цинка ($\delta = 2070 \text{ кг/м}^3$), йодистой ртути и йодистого калия ($\delta = 3196 \text{ кг/м}^3$) 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 $0,1 \text{ мм}$ 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 классов углей (13(6) – 300) мм на два продукта.

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. 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 гидроциклонах 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 решетке 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].

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).

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, обуславливающие 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.

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.

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.

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.

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 м² 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 – воздухоудками.

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 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 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 сил, 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 снимаются 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, Na₂CO₃, 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 низкосолевого 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, 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;
- пневматические машины осуществляют перемешивание и аэрацию пульпы подачей сжатого воздуха через патрубки или пористые перегородки;
- пневмомеханические машины подают воздух от воздухоудовки, 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/м³. 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)

Одним из альтернативных флотации вариантов обогащения шламов является технология селективной масляной агломерации, основанная 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.

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 ожигением, 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.

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]. 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 проводимостью. 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 углеобогащительных фабрик, а также других промышленных предприятий. Опытные-промышленные испытания каскадно-адгезионного обогащения шламов оборотной воды углеобогащительной 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 ³⁸⁾ 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);

³⁸⁾ Внутренней влагой называют влагу, содержащуюся в кристаллической решетке минерала, в угле она не встречается.

- **пленочная** удерживается на поверхности частиц силами молекулярного притяжения между молекулами воды и частиц; продукты называют воздушно-сухими;

- **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, **гидросепараторах** (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 фильтрации 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**. При напорной подаче флотоконцентрата на фильтрацию предусматриваются мероприятия по пеногашению. Наиболее труднофильтруемые флотоконцентраты обезвоживаются с использованием флокулянтов, для чего предусматривают комплектование вакуум-фильтров грузочными 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, грузочные 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 недропользования

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. Также на сегодняшний день эффективность пылеулавливаемого оборудования оценивается остаточной эмиссией, которая определяется как ПДВ или ПДК и не должна превышать установленные экологические нормативы.

Пылеулавливание необходимо для предотвращения загрязнения окружающей среды и соблюдения санитарно-гигиенических нормативов в производственных помещениях углеобогачительных фабрик. Пыль образуется практически на каждом этапе обогащения угля: в процессе сушки, при дроблении, сухом измельчении, сухом обогащении, 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 углеобогачительных фабриках получили батарейные циклоны (например, ПБЦ и ПБЦГ), как первая ступень очистки при большой концентрации от крупных частиц, 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. Второй ступенью сухой очистки до установленных экологических нормативов являются высокоэффективные рукавные, карманные, картриджные фильтры, с возможной степенью очистки до 99,99 %. К преимуществам можно также отнести компактность оборудования, возможность его размещения практически в любых климатических условиях, возможность работы с взрывоопасными продуктами. К недостаткам можно отнести невозможность работы с сильно влажными материалами (свыше 20 %) и высокотемпературными процессами (свыше 250°С).

Окончательная очистка запыленных газов может осуществляться мокрым способом аппаратами мокрой газоочистки (например, МПРГ). Их эффективность достигает 90–97 %. Мокрые пылеуловители просты в изготовлении, надежны в работе и достаточно эффективны, но имеют свои недостатки. К недостаткам можно отнести относительно высокие энергозатраты и необходимость интеграции в водно-шламовое хозяйство углеобогадательной фабрики для очистки оборотной воды, невозможность работы при отрицательных температурах, а также с высокотемпературными процессами.

Преимущества электрических фильтров: достаточная 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.

2.3.10.2 Очистка оборотных и сточных вод

2.3.10.2.1 Очистка оборотных вод

На углеобогадательных 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 [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 м³ 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 недропользования

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 недропользования, 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) или отходов радиального сгустителя (кека), образующегося при восстановлении оборотной воды. 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.

В соответствии со статьей 23.4 Закона о недрах хвосты обогащения (как отходы недропользования, не являющиеся вскрышными и вмещающими породами) могут быть использованы недропользователем в следующих целях:

- 1) для собственных производственных и технологических нужд;
- 2) для ликвидации горных выработок и иных сооружений, связанных с использованием недрами;
- 3) для рекультивации земель.

Сухие хвосты обогащения могут быть использованы непосредственно на предприятиях угольной промышленности (в вышеперечисленных целях). В ином случае, сухие хвосты размещают в отвалах подобно пустым породам (см. 2.2.7.3), а пульпа требует специального обезвоживания.

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 рекультивации хвостохранилища. Третий вариант характеризуется высокими инвестиционными и операционными издержками, при этом практически не требуется проведение работ по рекультивации.

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.

2.3.10.3.2 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 складировемой 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 намывного грунта;
- хвостохранилища третьего типа отличаются складированием пород, содержащих песчаные и большей частью пылевато-глинистые частицы; дамбы обвалования поярусно отсыпают из привозного грунта.

Приемная способность хвостохранилищ может достигать 100 млн м³, 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 откосе 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 противифльтрационного устройства).

Функция тела дамбы состоит в обеспечении устойчивости дамбы и в защите противифльтрационных устройств от эрозии.

Противифльтрационные 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 центральной 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 европейском 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 / 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 чашу хранилища) может быть осуществлен следующими способами:

- аккумулярованием 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 складирования 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 намывом 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 предохранения 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 потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду

3.1 Добыча угля подземным способом

3.1.1 Материальный и энергетический баланс

При подготовке справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 27 предприятий угольной промышленности, осуществляющих добычу угля подземным способом.

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 максимальные удельные расходные показатели по предприятиям угольной промышленности, которые указали сведения о потреблении ресурсов в заполненных анкетах. В расчет не включены данные анкет, в которых не были указаны объемы производства и/или в которых отсутствуют данные о потреблении материальных и энергетических ресурсов, необходимых для расчета удельных показателей. При расчете показателей ресурсной эффективности учитывались данные референтного года (год максимальной добычи за период с 2018 по 2022 год).

Таблица 18 – Расход сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование	Единица измерений	Расход на 1 т горной массы
Электроэнергия	кВт·ч/т	101,2
Свежая вода	м³/т	0,3
Топливо	т усл. т./т	0,03

3.1.2 Характеристика эмиссий

Для определения маркерных веществ в сфере добычи угля были выделены следующие критерии:

- 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.

Технологические показатели определяются для маркерных веществ на основе анализа данных, полученных в результате сбора данных с предприятий рассматриваемой отрасли промышленности, относящихся к области применения ИТС НДТ.

При определении технологических показателей было проведено дополнительное уточнение полученных по результатам анкетирования данных в первую очередь для максимальных и минимальных значений с целью устранения ошибок и неточностей при заполнении анкет. Минимальные и максимальные показатели, существенно выпадающие из общей выборки, были исключены.

3.1.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В таблице 19 представлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах в целом по технологическому этапу. Различие показателей удельных выбросов загрязняющих веществ связано с особенностями горно-геологических условий месторождений, а также с используемыми технологиями производства.

Т а б л и ц а 19 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля подземным способом

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на добываемую горную массу
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20–70 %, а также более 70 %, пыль каменного угля (суммарно)	г/т	Все этапы технологического процесса (без учета пыления от отвалов)	Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах Орошение Обеспыливающее проветривание Обработка дорожного полотна Пылеулавливание Предотвращение эрозии	10,7–70,4
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20–70 %, а также более 70 %, пыль каменного угля (суммарно)	г/т	Все этапы технологического процесса (с учетом пыления от отвалов)	Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах Орошение Обеспыливающее проветривание Обработка дорожного полотна Пылеулавливание Предотвращение эрозии	33,0–103,3

По результатам анализа данных, полученных в рамках анкетирования предприятий отрасли в 2023 году, выделен перечень маркерных веществ, характерный для добычи угля подземным способом:

- пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов;

- пыль каменного угля.

По данным маркерным веществам установлен суммарный технологический показатель, так как процентное распределение данных маркерных веществ в составе выбросов предприятий отрасли различно, при этом оба вещества являются характерными.

В связи с возможными существенными различиями доли добытого угля в общем объеме добываемой горной массы в зависимости от этапа разработки, технологический показатель выбросов маркерных веществ установлен как удельный показатель выбросов, отнесенный к объему добываемой горной массы (включающей добытый уголь, вскрышные и вмещающие породы, г/т добываемой горной массы).

При установлении технологических показателей выбросов маркерных веществ в атмосферный воздух были учтены источники выбросов в границах следующих технологических процессов:

- проведение горных выработок (выемка, погрузка, транспортировка горной массы, возведение крепи, наращивание транспортных устройств и коммуникаций);
- буровзрывные работы (бурение, зарядание, взрывание);
- выемка угля из очистного забоя, подъемно-транспортные работы (в забое и на поверхности);
- складирование и отгрузка угля;
- пыление отвалов.

Стоит отметить, что предприятия, технологическая схема добычи угля которых предполагает наличие отвалов, характеризуются значительно более высокими удельными показателями выбросами пыли, преимущественно за счет большей площади пыления. По этой причине для данных предприятий установлен отдельный технологический показатель.

Процесс добычи угля подземным способом сопровождается работой двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и котельного оборудования. С применением этого оборудования 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.

Контроль содержания маркерных веществ в выбросах на соответствие ПДК осуществляется с периодичностью, определенной условиями комплексных экологических разрешений (далее – КЭР). Рекомендуются проводить замеры выбросов неорганической пыли в контрольных точках на границе санитарно-

защитных зон (определяются проектом) в автоматическом режиме по усредненной за сутки пробе.

3.1.2.2 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 таблице 20 представлены данные о сбросах загрязняющих веществ в водные объекты по 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 и подлежит подтверждению научными исследованиями.

Полный химический состав сточных вод угледобывающих предприятий обусловлен их контактом с горными породами, при этом на различных горизонтах концентрации веществ варьируются и зависят от глубины ведения горных работ и состава горных пород так, по мере углубки и перехода на добычные (угольные) горизонты, концентрации имеют особенность снижаться и связано это с разбавлением воды с низ лежащих подземных горизонтов, где минеральные породы сменяются угольными пластами. Соответственно присутствие в сточных водах растворенных минеральных веществ, вымываемых из горных пород, явление цикличное, не поддающееся оценке, прогнозу и привнесу и не коррелируется с объемом добычи.

Т а б л и ц а 20 – Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты при добыче угля подземным способом

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации, закачка в подземные горизонты)	Метод очистки, повторного использования	Среднегодовая концентрация сбросов загрязняющих веществ после очистки
Взвешенные вещества	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, предварительное отстаивание, флотация, биологическая очистка, фильтрация	0,95–23,7
Железо	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0,01–0,4

Окончание таблицы 20

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации, закачка в подземные горизонты)	Метод очистки, повторного использования	Среднегодовая концентрация сбросов загрязняющих веществ после очистки
Нефтепродукты (нефть)	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, флотация, фильтрация	0,01–0,08
Марганец	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0,006–0,25
Медь	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, сорбция	0,0004–0,006

При выборе маркерных веществ в сбросах в водные объекты были использованы следующие критерии:

- характеризуют технологию;
- содержатся в сбросах большинства предприятий отрасли;
- приносят наибольший объем приведенной массы загрязняющего вещества.

Приведенная масса загрязняющего вещества рассчитана как произведение фактического объема загрязняющего вещества, поступающего в водные объекты со сточными водами за отчетный период, и коэффициента относительной эколого-экономической опасности данного загрязняющего вещества.

В качестве основы для расчетов приведенной массы загрязнений были использованы утвержденные значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водоемов рыбохозяйственного значения (как наиболее жесткие). С помощью ПДК определяются коэффициенты эколого-экономической опасности загрязняющих веществ (рассчитываются как величина обратная ПДК: $= 1/\text{ПДК}$).

В результате анализа анкет предприятий угольной отрасли на основании данных критериев были определены маркерные вещества, содержащиеся в сбросах большинства предприятий отрасли, имеющие значительный объем приведенной массы загрязняющего вещества, а также приносимые в результате технологического процесса добычи угля. К ним относятся:

- взвешенные вещества;
- железо;
- нефтепродукты (нефть).

При анализе целесообразности расширения перечня маркерных веществ с учетом более полного охвата предприятий угольной отрасли по результатам анкетирования, а также наличия дополнительных источников данных об эмиссиях загрязняющих веществ предприятиями угольной отрасли был сформирован

перечень загрязняющих веществ, соответствующих основным критериям выбора маркерных веществ. К ним относятся:

- марганец;
- медь.

Высокая частота встречаемости марганца и меди в сбросах предприятий угольной отрасли связана с распространенностью данных элементов как в составе горных пород, так и в составе подземных вод. Учитывая значительную приведенную массу марганца и меди, целесообразно включение данных веществ в перечень маркерных веществ на основании соответствия двум критериям. Фактически марганец и медь не привносятся извне деятельностью угольных предприятий, однако, могут вымываться из горных пород или поступать на поверхность с подземными водами, что подлежит подтверждению научными исследованиями по каждому предприятию.

Рассматривать в качестве маркерных веществ остальные вещества, присутствующие в сбросах угольной отрасли нецелесообразно, так как наличие отдельных веществ (например, фосфаты, ряд металлов) обусловлено горно-геологическими условиями и характерно только для отдельных предприятий или оказывает незначительное влияние по сравнению с другими загрязняющими веществами. При этом связи эмиссий прочих рассмотренных веществ с применяемыми технологиями добычи угля не выявлено, соответственно, включение данных веществ не будет способствовать внедрению НДТ и не соответствует цели ИТС.

В связи с отсутствием прямой связи объемов и массы сбросов с объемом продукции (объемами добычи) и, как следствие, невозможностью корректного соотнесения массы сброса загрязняющих веществ с объемом продукции, технологические показатели маркерных веществ были установлены в виде среднегодовой концентрации (с целью минимизации влияния на показатель сезонных колебаний концентраций загрязняющих веществ), мг/дм³.

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.

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, в соответствии с программой автоматического контроля.

3.1.2.3 Отходы недропользования и отходы производства, образующиеся при добыче угля подземным способом

При подземной добыче угля наибольшие удельные показатели образования отходов приходятся на отходы недропользования. 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 отходы недропользования.

В Таблица 21 представлены данные об образовании отходов по 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 этого выбор каких-либо видов отходов для установления технологических показателей невозможен.

Т а б л и ц а 21 – Отходы недропользования и отходы производства, образующиеся 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
Отходы недропользования	V	кг/т	28,4–124,7	Различные этапы технологического процесса	Самостоятельная утилизация или передача на утилизацию другой организации (для вторичного использования)

Окончание таблицы 21

Наименование	Класс опасности	Единицы измерения	Объем и/или масса образования отходов до очистки в расчете на тонну продукции	Источники образования	Метод очистки, повторного использования
Отходы систем водоснабжения и водоочистки	V	г/т	20,0–202,6	Очистка сточных вод	Передача на утилизацию другой организации для вторичного использования
Зола и шлак	IV–V	г/т	64,9–2384,3	Сжигание угля в котельных агрегатах, электросварка	Передача на утилизацию другой организации
Металлолом	IV–V	г/т	0,4–43,2	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для вторичной выплавки металлов)
Резина и пластмассы	IV–V	г/т	1,1–5283,1	Все этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации
Отходы масел и нефтепродуктов	III	г/т	0,1–2,8	Замена масел при эксплуатации оборудования, транспорта и горно-шахтного оборудования	Передача сторонней организации для вторичного использования

3.1.2.4 Прочие факторы воздействия

Физические факторы воздействия

Физическими факторами негативного воздействия на окружающую среду от добычи угля подземным способом являются шум и вибрация. В Таблица 22 представлены данные о шумовом и вибрационном воздействии по предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах³⁹. В данной таблице не указаны средние значения уровня

³⁹ Использованы данные, полученные при подготовке ИТС НДТ 37-2017

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 противозумных наушников, а также путем ограничения времени пребывания в условиях высокого шума. Снижение вибрационного воздействия обеспечивается средствами виброзащиты.

Т а б л и ц а 22 – Физические факторы воздействия

Наименование	Единицы измерения	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

Климатическое воздействие

Добыча угля подземным способом характеризуется выделением в атмосферу парниковых газов, оказывающих негативный эффект на изменение климата. К основным парниковым газам, эмиссия которых осуществляется в процессе добычи угля подземным способом, относится метан и углекислый газ.

Эмиссия метана (CH_4) происходит от угольных пластов и прилегающих пустот. При этом уровень концентрации метана в угольных пластах – это горно-геологический фактор, который характеризует степень газоносности угольных месторождений. Концентрация метана в шахтах строго контролируется требованиями промышленной безопасности. В связи с этим, при установлении индикативных показателей выбросов парниковых газов для процессов добычи и обогащения угля, выбросы CH_4 не учитываются.

При добыче угля подземным способом также осуществляется эмиссия CO_2 в результате использования электроэнергии, тепловой энергии и топлива из ископаемых источников. Соответственно, уровень энергоемкости и углеродоемкости производственных процессов, осуществляемых на том или ином предприятии во многом будет зависеть от степени электрификации производства.

Методология расчета и показатели удельных выбросов парниковых газов при подземной добыче угля приведены в приложении (Приложение Д).

3.2 Добыча угля открытым способом

3.2.1 Материальный и энергетический баланс

При подготовке справочника НДТ были получены заполненные анкеты от 67 предприятий угольной промышленности, осуществляющих добычу угля открытым способом.

При добыче угля открытым способом широко используются материальные ресурсы (вода) и энергоресурсы (электроэнергия, нефтепродукты и т. д.). Расход материалов и энергоресурсов на тонну горной массы 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 Таблица 23 представлены максимальные удельные расходные показатели о потреблении ресурсов по предприятиям угольной промышленности, которые указали сведения о потреблении ресурсов в заполненных анкетах. В расчет не включены данные анкет, в которых не были указаны объемы производства и/или в которых отсутствуют данные о потреблении материальных и энергетических ресурсов, необходимых для расчета удельных показателей. При расчете показателей ресурсной эффективности учитывались данные референтного года (год максимальной добычи за период с 2018 по 2022 год).

Т а б л и ц а 23 – Расход сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование	Единица измерений	Расход на 1 т горной массы
Электроэнергия	кВт·ч/т	10,4
Свежая вода	м³/т	0,008
Топливо	т усл. т./т	0,002

3.2.2 Характеристика эмиссий

Критерии определения маркерных веществ в сфере добычи угля, а также методология расчета технологического показателя подробно описаны в разделе 3.1.2.

3.2.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В таблице 24 представлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах в целом по технологическому этапу. Различие показателей удельных выбросов загрязняющих веществ связано с особенностями горно-геологических условий месторождений, а также с используемыми технологиями производства. Так, 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).

Т а б л и ц а 24 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при добыче угля открытым способом

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на добытую горную массу
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % – 70 %, а также более 70 %, пыль каменного угля (суммарно)	г/т	Все этапы технологического процесса	Мероприятия, предупреждающие образование пыли при буровзрывных работах: Орошение; Обеспыливающее проветривание; Обработка дорожного полотна; Пылеулавливание; Предотвращение эрозии	2,4–62,9

По результатам анализа данных, полученных в рамках анкетирования предприятий отрасли в 2023 году, на основании критериев определения маркерных веществ (см. раздел 3.2.1) выделен перечень маркерных веществ, характерный для добычи угля открытым способом:

- пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 – 70, а также более 70 процентов;
- пыль каменного угля.

По данным маркерным веществам установлен суммарный технологический показатель, так как процентное распределение данных маркерных веществ в составе выбросов предприятий отрасли различно, при этом оба вещества являются характерными.

В связи с возможными существенными различиями доли добытого угля в общем объеме добываемой горной массы в зависимости от этапа разработки, технологический показатель выбросов маркерных веществ установлен как удельный показатель выбросов, отнесенный к объему добываемой горной массы (включающей добытый уголь, вскрышные и вмещающие породы, г/т добываемой горной массы).

При установлении технологических показателей выбросов маркерных веществ в атмосферный воздух были учтены источники выбросов в границах следующих технологических процессов:

- буровзрывные работы (механическое рыхление, гидравлическое разрушение);
- выемочно-погрузочные работы (экскавация);
- транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов);
- складирование и отгрузка угля;
- пыление отвалов.

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.

3.2.2.2 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).

В Таблица 25 представлены данные о сбросах загрязняющих веществ в водные объекты по 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 и подлежит подтверждению научными исследованиями.

Полный химический состав сточных вод угледобывающих предприятий обусловлен их контактом с горными породами, при этом на различных горизонтах концентрации веществ варьируются и зависят от глубины ведения горных работ и состава горных пород так, по мере углубки и перехода на добычные (угольные) горизонты, концентрации имеют особенность снижаться и связано это с разбавлением воды с низ лежащих подземных горизонтов, где минеральные породы сменяются угольными пластами. Соответственно присутствие в сточных водах растворенных минеральных веществ, вымываемых из горных пород, явление цикличное, не поддающееся оценке, прогнозу и привнесу и не коррелируется с объемом добычи.

Т а б л и ц а 25 – Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты при добыче угля открытым способом

Наименование	Единицы измерений	Источники сброса	Направлени е сбросов (в водный объект, в системы канализаци и)	Метод очистки, повторного использования	Среднегодо вая концентрац ия сбросов загрязняющ их веществ после очистки
Взвешенны е вещества	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, предварительно е отстаивание, флотация, биологическая очистка	0,53–22,2
Железо	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0,01–0,77
Нефтепрод укты (нефть)	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Осветление, флотация, фильтрация	0,01–0,08
Марганец	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, аэрация, сорбция	0,006–0,25
Медь	мг/дм ³	Все этапы технологического процесса	В водный объект	Озонирование, сорбция	0,0004– 0,006

При выборе маркерных веществ в сбросах в водные объекты были использованы следующие критерии:

- характеризуют технологию;
- содержатся в сбросах большинства предприятий отрасли;
- приносят наибольший объем приведенной массы загрязняющего вещества.

Приведенная масса загрязняющего вещества рассчитана как произведение фактического объема загрязняющего вещества, поступающего в водные объекты со сточными водами за отчетный период, и коэффициента относительной эколого-экономической опасности данного загрязняющего вещества.

В качестве основы для расчетов приведенной массы загрязнений были использованы утвержденные значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водоемов рыбохозяйственного значения (как наиболее жесткие). С помощью ПДК определяются коэффициенты эколого-экономической опасности загрязняющих веществ (рассчитываются как величина обратная ПДК: $= 1/\text{ПДК}$).

В результате анализа анкет предприятий угольной отрасли на основании данных критериев были определены маркерные вещества, содержащиеся в

сбросах большинства предприятий отрасли, имеющие значительный объем приведенной массы загрязняющего вещества, а также привносимые в результате технологического процесса добычи угля. К ним относятся:

- взвешенные вещества;
- железо;
- нефтепродукты (нефть).

При анализе целесообразности расширения перечня маркерных веществ с учетом более полного охвата предприятий угольной отрасли по результатам анкетирования, а также наличия дополнительных источников данных об эмиссиях загрязняющих веществ предприятиями угольной отрасли был сформирован перечень загрязняющих веществ, соответствующих основным критериям выбора маркерных веществ. К ним относятся:

- марганец;
- медь.

Высокая частота встречаемости марганца и меди в сбросах предприятий угольной отрасли связана с распространенностью данных элементов как в составе горных пород, так и в составе подземных вод. Учитывая значительную приведенную массу марганца и меди, целесообразно включение данных веществ в перечень маркерных веществ на основании соответствия двум критериям. Фактически марганец и медь не привносятся извне деятельностью угольных предприятий, однако, могут вымываться из горных пород или поступать на поверхность с подземными водами, что подлежит подтверждению научными исследованиями по каждому предприятию.

Рассматривать в качестве маркерных веществ остальные вещества, присутствующие в сбросах угольной отрасли нецелесообразно, так как наличие отдельных веществ (например, фосфаты, ряд металлов) обусловлено горно-геологическими условиями и характерно только для отдельных предприятий или оказывает незначительное влияние по сравнению с другими загрязняющими веществами. При этом связи эмиссий прочих рассмотренных веществ с применяемыми технологиями добычи угля не выявлено, соответственно, включение данных веществ не будет способствовать внедрению НДТ и не соответствует цели ИТС.

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.

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, в соответствии с программой автоматического контроля.

3.2.2.1 Отходы недропользования и отходы производства, образующиеся при добыче угля открытым способом

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) классу 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.

В Таблица 26 представлены данные об образовании отходов по 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. В силу этого выбор каких-либо видов отходов для установления технологических показателей невозможен.

Т а б л и ц а 26 – Отходы недропользования и отходы производства, образующиеся 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	IV–V	т/т	0,8–56351,0	Все этапы технологического процесса	Ликвидация горных выработок, строительство технологических дорог

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 недропользования, не включающие вскрышные и вмещающие породы	IV–V	т/т	6,2–252,9	Все этапы технологического процесса	Ликвидация горных выработок, строительство технологических дорог
Металлолом	IV–V	г/т	7,8	Ремонт оборудования	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для вторичной выплавки металлов)
Зола и шлак	III–V	г/т	413,8	Сжигание угля в котельных агрегатах, электросварка	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для производства стройматериалов)
Отходы масел и нефтепродуктов	III–IV	г/т	2,3–22,8	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Сжигание Вторичное использование на предприятии Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)
Отходы систем водоснабжения и водоочистки	III–V	г/т	42,5–177,4	Очистка сточных вод	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для обезвоживания и переработки)
Резина и пластмассы	IV–V	г/т	0,1–1298,0	Различные вспомогательные этапы технологического процесса	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)

3.2.2.2 Прочие факторы воздействия

Физические факторы воздействия

Физическими факторами негативного воздействия на окружающую среду от добычи угля открытым способом являются шум и вибрация. В таблице ниже (см. Таблица 27) представлены данные о шумовом и вибрационном воздействии по предприятиям угольной промышленности, которые указали соответствующие

сведения в заполненных анкетах⁴⁰. 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 противозумных 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 27 – Физические факторы воздействия

Наименование	Единицы измерения	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 противозумных 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

⁴⁰ Использованы данные, полученные при подготовке ИТС НДТ 37-2017

Окончание таблицы 27

Наименование	Единицы измерений	Уровень воздействия до снижения (постоянный уровень)	Источник воздействия	Метод снижения уровня воздействия
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

Климатическое воздействие

Добыча угля открытым способом характеризуется выделением в атмосферу парниковых газов, оказывающих негативный эффект на изменение климата. К основным парниковым газам, эмиссия которых осуществляется в процессе добычи угля открытым способом, относится метан и углекислый газ.

Эмиссия метана (CH_4) происходит от угольных пластов и прилегающих пустот. При этом уровень концентрации метана в угольных пластах – это горно-геологический фактор, который характеризует степень газоносности угольных месторождений. При этом достоверно учесть эмиссию метана при ведении работ открытым способом не представляется возможным. В связи с этим, при установлении индикативных показателей выбросов парниковых газов для процессов добычи угля, выбросы CH_4 не учитываются.

При добыче угля открытым способом также осуществляется эмиссия CO_2 в результате использования электроэнергии, тепловой энергии и топлива из ископаемых источников. Соответственно, уровень энергоемкости и углеродоемкости производственных процессов, осуществляемых на том или ином предприятии во многом будет зависеть от степени электрификации производства.

Методология расчета и показатели удельных выбросов парниковых газов при открытой добыче угля приведены в приложении (Приложение Д).

3.3 Обогащение угля

3.3.1 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 удастся 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 27 предприятий угольной промышленности, осуществляющих обогащение угля.

В Таблица 28 представлены максимальные удельные расходные показатели по обогатительным фабрикам, которые указали сведения о потреблении ресурсов в заполненных анкетах. В расчет не включены данные анкет, в которых не были указаны объемы производства и/или в которых отсутствуют данные о потреблении материальных и энергетических ресурсов, необходимых для расчета удельных показателей. При расчете показателей ресурсной эффективности учитывались данные референтного года (год максимальной добычи за период с 2018 по 2022 год).

Т а б л и ц а 28 – Расход сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование	Единица измерений	Расход на 1 т обогащенного угля
Электроэнергия	кВт·ч/т	47,2
Свежая вода	м³/т	0,2
Оборотная вода	м³/т	6,4
Топливо	т усл. т./т	0,5

3.3.2 Характеристика эмиссий

3.3.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В таблице 29 представлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу по обогатительным фабрикам, которые указали соответствующие сведения в заполненных анкетах в целом по технологическому этапу. 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.

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.). 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.

Т а б л и ц а 29 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при обогащении угля

Наименование	Единицы измерений	Источники выброса	Метод очистки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на выпуск продукции
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20 %, 20 % – 70 %, а также более 70 %, пыль каменного угля (суммарно)	г/т	Все этапы технологического процесса	Пылеулавливание	2,7–24,1 (18,5–128,5 для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля)

По результатам анализа данных, полученных в рамках анкетирования предприятий отрасли в 2023 году, выделен перечень маркерных веществ, характерный для обогащения угля:

- пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов;

- пыль каменного угля.

По данным маркерным веществам установлен суммарный технологический показатель, так как процентное распределение данных маркерных веществ в составе выбросов предприятий отрасли различно, при этом оба вещества являются характерными.

При установлении технологических показателей выбросов маркерных веществ в атмосферный воздух были учтены источники выбросов в границах следующих технологических процессов:

- прием угля (горной массы) (разгрузка ж/д вагонов, а/транспорта и прочего транспорта);

- складирование угля (горной массы);

- подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация, обесшламливание угля);

- обогащение (гравитационное, флотация, электрическая сепарация, специальные методы обогащения), вспомогательные (обезвоживание: дренирование, центрифугирование, сгущение, фильтрация, сушка);

- брикетирование угля (окускование);

- складирование и отгрузка угольного концентрата и промпродукта.

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.

3.3.2.2 Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Для технологии обогащения угля характерно наличие замкнутого цикла, сброс в водные объекты осуществляется на единичных объектах. Так, например, 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. По этой причине выявление маркерных веществ и установление по ним технологических показателей представляется нецелесообразным.

3.3.2.3 Отходы недропользования и отходы производства, образующиеся при обогащении угля

В Таблица 30 представлены данные об образовании отходов по углеобогащательным 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 ликвидации горных выработок, отсыпки промышленных площадок и автодорог.

Т а б л и ц а 30 – Отходы недропользования и отходы производства, образующиеся при обогащении угля

Наименование	Класс опасности	Единицы измерений	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	14,2–40371,0	Все этапы технологического процесса	Ликвидация горных выработок, отсыпка промышленных площадок и автодорог
Зола и шлак	IV–V	кг/т	14,1–721,3	Сжигание угля в котельных агрегатах, электросварка	Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для производства строительных материалов)
Отходы систем водоснабжения и водоочистки	V	кг/т	131,2–219,3	Очистка сточных вод	Передача на утилизацию другой организации для вторичного использования
Резина и пластмассы	IV–V	г/т	0,2–17,2	Различные этапы технологического процесса	Вторичное использование на предприятии Передача на утилизацию другой организации (главным образом, для переработки)

3.3.2.4 Прочие факторы воздействия

Физические факторы воздействия

Физическими факторами негативного воздействия на окружающую среду при обогащении угля являются шум и вибрация. В Таблица 31 представлены данные о шумовом и вибрационном воздействии по обогатительным фабрикам⁴¹.

⁴¹ Использованы данные, полученные при подготовке ИТС НДТ 37-2017

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 смазки 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 – Физические 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

Климатическое воздействие

Обогащение угля характеризуется выделением в атмосферу парниковых газов, оказывающих негативный эффект на изменение климата. Основным

парниковым газом, эмиссия которого осуществляется в процессе обогащения угля, является углекислый газ.

Эмиссия CO_2 осуществляется в результате использования электроэнергии, тепловой энергии и топлива из ископаемых источников. Соответственно, уровень энергоемкости и углеродоемкости производственных процессов, осуществляемых на том или ином предприятии во многом будет зависеть от степени электрификации производства.

Методология расчета и показатели удельных выбросов парниковых газов при обогащении угля приведены в приложении (Приложение Д).

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 добыче и обогащении 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. Также в анкетах отсутствуют данные эксплуатационных и капитальных затратах на внедрение определенной технологии (оборудования).

Таким образом, пригодная для определения НДТ в распоряжении имеется лишь количественная информация о числе предприятий, на которых осуществлено промышленное внедрение технологии (оборудования).

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». При этом 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»). Помимо этого, в справочник НДТ были внесены природоохранные технологии, не получившие отражения в ИТС 16.

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 (при соответствии остальным критериям). Если эта доступность низка, то технология может быть отнесена лишь к перспективным (при соответствии остальным критериям). 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.

При оценке технологии также целесообразно учитывать дополнительные эффекты от внедрения, к которым можно отнести:

- повышение безопасности угольных предприятий;
- улучшение условий труда.

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, вибрационная болезнь и т. д.) у работников угольных предприятий.

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 Таблица 32.

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).

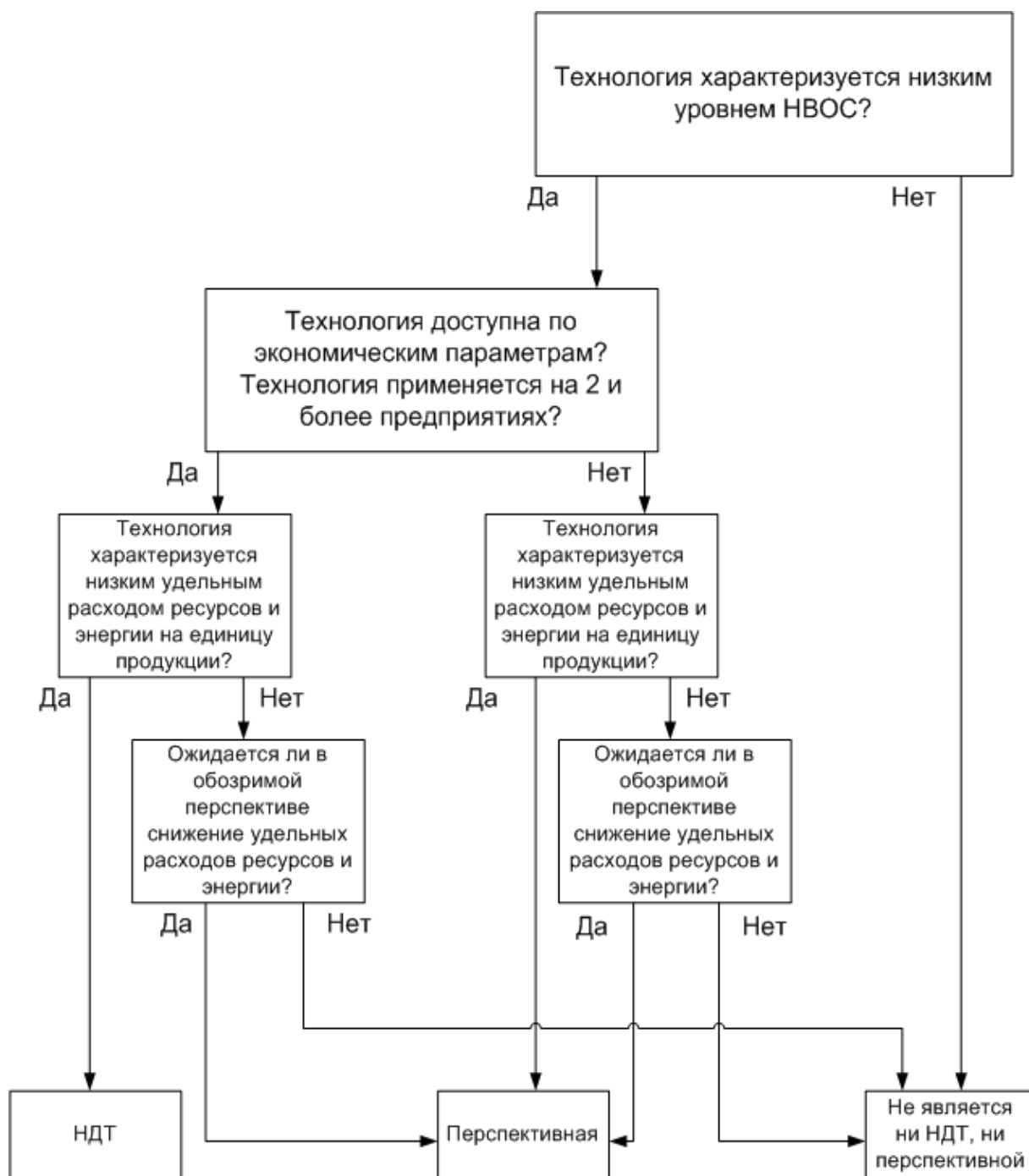


Рисунок 9 – Схема классификации технологий

Таблица 32 – Предварительный перечень наилучших доступных и перспективных технологий в добыче и обогащении угля

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴²	Тип технологии (НДТ / перспективная)
Организационного характера					
1	Внедрение систем экологического менеджмента	Не выявлено	Снижение различных видов НВОС Снижение ресурсо- и энергоемкости	48	НДТ
2	Производственный контроль и экологический мониторинг	Не выявлено	Снижение различных видов НВОС Снижение риска возникновения серьезных экологических аварий	103	НДТ
3	Мониторинг состояния окружающей среды с использованием цифровых технологий и беспилотных летательных аппаратов	Требуются значительные затраты (на приобретение специального комплекса оборудования, датчиков, а также программных продуктов)	Снижение различных видов НВОС Снижение риска возникновения серьезных экологических аварий		Перспективная

⁴² По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴³	Тип технологии (НДТ / перспективная)
В области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух					
4	Пылеподавление в очистном забое	Технология применима только для подземной добычи	Снижение запыленности воздуха на 50 % – 80 %	23	НДТ
5	Пылеподавление и снижение образования пыли при буровзрывных работах	Технология применима только для открытой добычи	Эффективность пылегазоподавления до 80 % – 85 %	43	НДТ
6	Орошение пылящих поверхностей водой	Не выявлено	Эффективность пылеподавления данным способом достигает 70 % – 98 %	90	НДТ
7	Применение пылеулавливающих установок	Не выявлено	Эффективность пылеподавления данным способом достигает 30 % – 99 %	68	НДТ
8	Управление содержанием метана в горных выработках	Технология применима только для подземной добычи	Снижение вероятности взрывов	23	НДТ

⁴³ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴⁴	Тип технологии (НДТ / перспективная)
9	Противодействие самовозгоранию угля, склонного к окислению	Не выявлены	Сокращение выбросов загрязняющих веществ (продуктов сгорания угля) и CO ₂	64	НДТ
10	Противодействие смерзанию угля	Не выявлено	Сокращение выбросов загрязняющих веществ в сравнении с альтернативными мероприятиями по восстановлению сыпучести угля	51	НДТ
11	Формирование пожаробезопасных отвалов	Не выявлено	Сокращение выбросов загрязняющих веществ (продуктов сгорания угля) и CO ₂	52	НДТ
12	Гидрозабойка и гидрогелевая забойка	Технология применима только для добычи угля Требуются значительные объемы воды Необходима система водоочистки (особенно при применении гидрогелевой забойки) Требуются значительные затраты на приобретение специальной техники (при гидрогелевой забойке – также химических веществ)	Снижение концентрации пыли в пылегазовом облаке на 20 % – 50 %	22	НДТ

⁴⁴ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴⁵	Тип технологии (НДТ / перспективная)
13	Система высокоточного позиционирования	Технология применима только для открытой добычи Требуются значительные затраты (на приобретение специального комплекса оборудования, датчиков, а также программных продуктов)	Снижение выбросов загрязняющих веществ (пыли) и расхода взрывчатых веществ	12	НДТ
14	Применение электронных систем взрывания	Технология применима только для открытой добычи Требуются значительные затраты (на приобретение специального комплекса оборудования)	Снижение выбросов загрязняющих веществ (пыли)	39	НДТ
15	Орошение и пылеподавление пеной	Необходима система водоочистки Требуются значительные затраты (на приобретение специального оборудования (пеногенератора, воздушно-пенных стволов, арматуры) и материалов (олеиновой кислоты, каустической соды, глицерина))	Эффективность пылеподавления пеной может достигать 90 % – 98 %	3	НДТ

⁴⁵ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴⁶	Тип технологии (НДТ / перспективная)
16	Обработка дорожного полотна и отвалов связывающими и веществами	Необходима система водоочистки	Снижение эмиссии загрязняющих веществ (пыли)	21	НДТ
17	Улавливание и утилизация шахтного метана	Технология применима только для подземной добычи Технология применима только для шахт с высокой метанообильностью	Сокращение выбросов метана	6	НДТ
18	Применение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы	Технология применима только для открытой добычи Технология применима для глубоких разрезов (более 100 м) при длительной эксплуатации месторождения (более 10 лет)	Сокращение выбросов загрязняющих веществ (от работы ДВС) и CO ₂	2	НДТ

⁴⁶ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴⁷	Тип технологии (НДТ / перспективная)
19	Применение бестранспортной системы разработки	Технология применима только для открытой добычи Технология применима для месторождений с горизонтальным или пологим залеганием угольных пластов, малой мощностью пластов угля (до 10–15 м) и малой мощностью покрывающих (до 20–35 м)	Сокращение выбросов загрязняющих веществ (от работы ДВС) и CO ₂	5	НДТ
20	Применение эмульсионных взрывчатых веществ	Технология применима только для открытой добычи Требуется значительные затраты (на приобретение смесительно-зарядных машин для проведения буровзрывных работ)	Сокращение эмиссии загрязняющих веществ	н/д	НДТ
21	Безвзрывная технология разработки крепких горных пород на разрезах	Технология применима только для открытой добычи Требуется значительные затраты (на приобретение необходимой техники)	Сокращение выбросов загрязняющих веществ (пыли)		Перспективная

⁴⁷ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴⁸	Тип технологии (НДТ / перспективная)
22	Гидропосев и гидромульчирование	Требуются значительные затраты (на смеси)	Сокращение выбросов загрязняющих веществ (пыли) Сокращение эрозии грунта		Перспективная
23	Применение дизель-троллейвозного карьерного транспорта	Технология применима только для открытой добычи Технология применима для долгосрочного проведения горных работ Технология применима при высокой стоимости дизельного топлива в сравнении с электроэнергией Требуются значительные затраты (на повышение качества дорожного покрытия; на создание и поддержание разветвлённой контактной сети сроком эксплуатации 5–8 лет; на переоборудование самосвалов под дизель-троллейбусы)	Снижение выбросов загрязняющих веществ (от ДВС) Снижение уровня шума и вибрации		Перспективная
В области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы					
24	Шахтный водоотлив и водоотвод	Технология применима только для подземной добычи	Сокращение объемов загрязненных сточных вод за счет отделения чистой воды от загрязненной Сокращение эрозии грунта	23	НДТ

⁴⁸ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁴⁹	Тип технологии (НДТ / перспективная)
25	Карьерный водоотлив и водоотвод	Технология применима только для открытой добычи	Сокращение объемов загрязненных сточных вод за счет отделения чистой воды от загрязненной Сокращение эрозии грунта	51	НДТ
26	Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения	Не выявлено	Сокращение объемов загрязненных сточных вод за счет отделения чистой воды от загрязненной Сокращение эрозии грунта	49	НДТ
27	Регенерация магнетитовой суспензии	Технология применима только к процессу обогащения угля в тяжёлых средах Требуются значительные затраты (на приобретение суспензионных ванн для осаждения угольного шлама, магнитной системы постоянных магнитов и другого необходимого оборудования)	Снижение объемов загрязненных сточных вод	12	НДТ
28	Базовая очистка сточных вод	Технология применима для большинства видов сточных вод (кроме очистки ливневых и производственных вод, описанной в отдельной технологии)	Снижение концентрации взвешенных веществ и ряда прочих загрязняющих веществ (нефтепродуктов и т. д.) в сточных водах	74	НДТ

⁴⁹ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵⁰	Тип технологии (НДТ / перспективная)
29	Обеззараживание сточных вод	Технология применима для большинства видов сточных вод (кроме очистки ливневых и производственных вод, описанной в отдельной технологии) Технология применима только в дополнение к технологии «Базовая очистка сточных вод» Технология применима в случае несоответствия сточных вод нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям	Снижение концентрации микроорганизмов в сточных водах	45	НДТ
30	Очистка ливневых и производственных вод	Технология применима для ливневых и производственных вод	Снижение концентрации ряда загрязняющих веществ и микроорганизмов в сточных водах	59	НДТ
31	Физико-химическая очистка сточных вод	Технология применима для большинства видов сточных вод (кроме очистки ливневых и производственных вод, описанной в отдельной технологии)	Снижение концентрации взвешенных веществ, ряда загрязняющих веществ (нефтепродуктов, фенола, ПАВ, железа, марганца, фосфатов, азота, нитратов, нитритов) и микроорганизмов в сточных водах	45	НДТ

⁵⁰ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵¹	Тип технологии (НДТ / перспективная)
32	Тонкая очистка сточных вод	Технология применима только в дополнение к технологии «Базовая очистка сточных вод» Технология применима при высоких концентрациях растворенных веществ, превышающих ПДК Требуются значительные затраты (на приобретение очистных сооружений), поэтому технология применима при невысоких объемах сточных вод	Снижение содержания растворенных веществ в сточных водах		Перспективная
33	Очистка больших объемов сточных вод с применением технологии «активной фильтрации»	Технологию целесообразно использовать при наличии значительных объемов сточных вод. Требуется модернизация предприятия.	Снижение содержания взвешенных веществ, органических соединений, тяжелых и токсичных металлов в сточных водах		Перспективная

⁵¹ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵²	Тип технологии (НДТ / перспективная)
34	Сухие методы обогащения угля	Технология применима для обогащения угля крупностью от 3–6 мм и до 100 мм Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования) Требуются мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	Снижение потребления водных ресурсов и сброса сточных вод		Перспективная
35	Отведение шахтных и карьерных вод, образующихся в результате угледобычи в подземные горизонты посредством инфильтрационных бассейнов	Технология применима только для добычи угля Требуется очистка шахтных и карьерных вод от привнесенных загрязнений (физико-химические способы) Требуется выполнение работ по изучению совместимости шахтных и карьерных вод с водоносными горизонтами, изучение условий водовмистимости и поглощающих свойств пород, на рассматриваемом гидрогеологическом участке.	Исключение сброса неочищенных сточных вод в поверхностные водные объекты Исключение образования отходов 3 класса опасности, образующихся при очистке шахтных и карьерных вод и изъятие дополнительных земель под их размещение		Перспективная

⁵² По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵³	Тип технологии (НДТ / перспективная)
36	Передача карьерных и шахтных вод, очищенных до установленных условий, заинтересованным потребителям, в целях сокращения забора воды из природных источников	Технология применима только для добычи угля Требуется наличие потребителя в районе угледобычи и достижение соглашения с ним	Сокращение сброса сточных вод в поверхностные водные объекты Экономия воды на потенциальных объектах использования сточных вод		Перспективная
37	Применение замкнутой водно-шламовой системы на обогатительной фабрике	Технология применима только для обогащения угля Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования)	Снижение гидравлической нагрузки на шламоотстойник		Перспективная
В области минимизации воздействия отходов					

⁵³ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵⁴	Тип технологии (НДТ / перспективная)
38	Использование отходов недропользования для ликвидации горных выработок при добыче угля	Технология применима только для добычи угля Требуется наличие пространства для размещения отходов	Сокращение изъятия земель под размещение отходов недропользования Проведение технической рекультивации Сокращение образования загрязненных сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	60	НДТ
39	Обустройство хвостохранилищ	Технология применима только для обогащения угля Требуются значительные затраты (на проектирование и строительство противофильтрационных устройств, ограждающих дамб, трубопроводов для поступления пульпы, водосбросных и дренажных устройств и других необходимых сооружений и оборудования)	Снижение НВОС по сравнению с вариантом сброса жидких продуктов обогащения в водные объекты	12	НДТ

⁵⁴ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵⁵	Тип технологии (НДТ / перспективная)
40	Использование отходов недропользования для производства строительных материалов	Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования)	Сокращение объема образования отходов недропользования	6	НДТ
41	Переработка угольных шламов гравитационными методами	Технология применима только для обогащения угля Требуются системы водоснабжения и водоотведения Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования)	Сокращение объема образования отходов недропользования Сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (при пылении отвалов)	7 ⁵⁶	НДТ
42	Предварительная обработка размещаемых отходов обогащения (обезвоживание, сушка)	Технология применима только для обогащения угля Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования)	Снижение объема образования загрязненных сточных вод	5	НДТ

⁵⁵ По данным 107 полученных анкет⁵⁶ Суммарное количество предприятий по технологиям «Переработка угольных шламов гравитационными методами» и «Применение флотации для обогащения шламов»

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵⁷	Тип технологии (НДТ / перспективная)
43	Обезвоживание осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод	Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования: фильтр-прессов, сушильных установок)	Снижение объема образования загрязненных сточных вод	12	НДТ
44	Применение флотации для обогащения шламов	Технология применима только для обогащения угля Требуются значительные затраты (на приобретение флотационных установок)	Сокращение количества отходов углеобогащения, поступающих в отвал; Сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с пылящих поверхностей отвалов отходов углеобогащения; Сокращение площадей, изымаемых их хозяйственного оборота под размещение отходов	7 ⁵⁸	НДТ

⁵⁷ По данным 107 полученных анкет

⁵⁸ Суммарное количество предприятий по технологиям «Переработка угольных шламов гравитационными методами» и «Применение флотации для обогащения шламов»

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁵⁹	Тип технологии (НДТ / перспективная)
45	Использование отходов углеобогащения для ликвидации горных выработок при добыче угля	Не выявлено	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Снижение объема образования отходов	н/д	НДТ
В области рекультивации земель					
46	Техническая рекультивация нарушенных земель	Не выявлено	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Ускорение процесса восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель	62	НДТ
47	Биологическая рекультивация нарушенных земель	Не выявлено	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Ускорение процесса восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель Сокращение эрозии грунта	56	НДТ

⁵⁹ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁶⁰	Тип технологии (НДТ / перспективная)
48	Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород	Технология применима только для новых предприятий, где ещё не сформированы отвалы методом валовой (неселективной) укладки вскрышных пород	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Сокращение до минимума риски нарушения устойчивости отвалов, развития эрозионных процессов, которые могут привести к утере хозяйственной ценности рекультивированными отвалами	8	НДТ
49	Использование отходов недропользования для производства гуминовых удобрений и препаратов	Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования)	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Снижение объема образования отходов		Перспективная
50	Извлечение ценных компонентов из угля и отходов обогащения	Технология применима только при высоком содержании ценных компонентов Требуются значительные затраты (на приобретение необходимого оборудования)	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Снижение объема образования отходов		Перспективная

⁶⁰ По данным 107 полученных анкет

Продолжение таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁶¹	Тип технологии (НДТ / перспективная)
51	Микробиологическая рекультивация нарушенных земель	Требуются значительные затраты (на приобретение бактериального препарата и обработку поверхности отвала)	Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (пыли) Ускорение процесса восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель Сокращение эрозии грунта		Перспективная
52	Использование технологического грунта, состоящего из осадка со станции очистных сооружений производственных стоков, при рекультивации земель	Требуются значительные затраты (на разработку проекта, обустройство площадок стабилизации, сушильных установок)	Улучшение корнеобитаемого слоя лесонасаждений при биологической рекультивации земель Повышение устойчивости внутренних отвальных уступов		Перспективная
В области минимизации негативного воздействия физических факторов					

⁶¹ По данным 107 полученных анкет

Окончание таблицы 32

№	Технология	Ограничения применения	Экологический эффект	Количество предприятий, применяющих технологию ⁶²	Тип технологии (НДТ / перспективная)
53	Применение средств и методов звуко- и виброзащиты	Не выявлены	Снижение физических факторов воздействия	68	НДТ

⁶² По данным 107 полученных анкет

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 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы» [82]. При написании данного раздела приведенные в ИТС 16–2016 наилучшие доступные технологии были использованы в качестве основы и при необходимости дополнены спецификой отрасли. Помимо этого, рассмотрены дополнительные НДТ, характерные для угольной отрасли.

НДТ, представленные в настоящем справочнике, могут применяться на любых действующих предприятиях угольной промышленности при условии соответствия указанным ограничениям и условиям применения. 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 27) является избыточной, поскольку сточные воды успешно могут очищаться до допустимых значений с помощью базовой очистки (НДТ 24).

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 [29]. 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 19011–2021 [28].

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Внедрение СЭМ способствует эффективному решению вопросов экологического характера, снижению ресурсо- и энергоемкости.

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 [31];
- Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля [27];
- Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, утвержденных приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 г. №273 [89];
- ПНД Ф 12.1.2.99. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентраций взвешенных частиц (пыли) в выбросах промышленных предприятий [88];
- ГОСТ 33007–2014 [86].

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Внедрение данной НДТ позволяет ограничить различные виды негативного воздействия на окружающую среду и 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 Таблица 33.

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 пылевыведение, 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/м³. 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, выемка угля из очистного забоя, 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.

Данные мероприятия 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 выбросы метана в атмосферу. Кроме того, удаление метана из горных выработок снижает вероятность взрывов и повышает безопасность нахождения рабочего персонала в шахтах.

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 перегрева 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) и CO₂ 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) и CO₂ в атмосферный воздух.

НДТ 11. Гидрозабойка и гидрогелевая забойка

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется 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. При этом обеспечение взрывааемых шпуров и скважин гидрозабойкой требует значительного объема воды. Гидрогелевая забойка требует значительного расхода сырья (аммиачной селитры, жидкого стекла, минеральных солей, смоленных синтетических жирных кислот, парафина) и наличия специальной техники. Применение данной технологии приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки, поэтому **применение данной технологии целесообразно при наличии системы водоочистки.**

Содержание НДТ. Для пылеподавления при взрыве шпуров и скважин может осуществляться внутренняя, внешняя или комбинированная гидрозабойка. В качестве материалов для гидрозабойки чаще применяется вода, в зимний период при открытой добыче угля могут применяться водные растворы солей NaCl и CaCl₂ или снежно-ледяная смесь.

При массовых взрывах для уменьшения пылевыведения может применяться забойка скважин гидрогелем. Гидрогель изготавливают на специальном заправочном пункте или непосредственно в баках машины, предназначенной для заполнения скважин гидрогелем (подробнее см. 2.1.8.1.3, 2.2.7.1.1).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ.

Применение гидрозабойки позволяет снизить концентрацию пыли в пылегазовом облаке на 20 % – 50 %.

НДТ 12. Система высокоточного позиционирования

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применяется на этапе производства буровых работ при добыче угля открытым способом. Требуется приобретение специального комплекса оборудования, датчиков, а также программных продуктов, необходимых для обработки данных, получаемых с бурового станка.

Содержание НДТ. Устанавливается дополнительное оборудование, обеспечивающее высокую точность наведения бурового станка. 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.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Снижение выбросов загрязняющих веществ и расхода взрывчатых веществ за счет управления параметрами взрыва.

НДТ 13. Применение электронных систем взрывания

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе производства взрывных работ при добыче угля открытым способом.

Содержание НДТ. 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. 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.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Применение данной технологии позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (в том числе неорганической пыли).

НДТ 14. Орошение и пылеподавление пеной

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется 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). Применение данной технологии пылеподавления приводит к образованию загрязненных сточных вод, которые требуют очистки, поэтому **применение данной технологии целесообразно при наличии системы водоочистки.**

Содержание НДТ. Применение пены для снижения содержания пыли в воздухе требует использования специального оборудования (пеногенератора, воздушно-пенных стволов, арматуры) и материалов (олеиновой кислоты, каустической соды, глицерина). 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».

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Эффективность пылеподавления пеной может достигать 90 % – 98 %. Кроме того, применение пены для снижения содержания пыли в воздухе позволяет сократить расход воды.

НДТ 15. Обработка дорожного полотна и отвалов связывающими веществами

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется 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). Применение связывающих веществ способствует коррозии металла и приводит ко вторичному загрязнению – формированию загрязненных сточных вод и выделению вредных паров. **Поэтому применение данной технологии целесообразно только при наличии системы водоочистки.**

Содержание НДТ. 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).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Срок защитного действия при использовании связывающих веществ достигает нескольких сотен часов (по сравнению со сроком около одного часа для воды), что значительно снижает эмиссию загрязняющих веществ, в том числе пыли неорганической.

НДТ 16. 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, так как 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.

Содержание НДТ. Для улавливания метана могут применяться модульные дегазационные установки (МДУ) для каптирования метана из горных выработок (с последующим сжиганием). Для утилизации метана могут использоваться теплоэлектростанции (как правило, газопоршневые) и котельные для выработки электроэнергии.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. 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 для продажи третьим лицами (например, химическим предприятиям).

НДТ 17. Применение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе транспортировки горной массы при добыче угля открытым способом. Данную технологию целесообразно применять при глубине карьера (разреза) более 100 м и сроке эксплуатации месторождения более 10 лет.

Содержание НДТ. Данная технология предполагает комбинированное использование циклического (автомобильного) транспорта и поточного оборудования

(конвейеров) для транспортировки однородной горной породы (вскрышной породы, угля). Горная порода карьерными автосамосвалами доставляется к перегрузочному пункту, где производится её дробление, далее перегружается на конвейер и транспортируется на отвалы (вскрышная порода) или на склады (уголь). Укладка в ярусы производится с помощью отвалообразователей.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты после внедрения НДТ.

Применение данной технологии позволяет сократить количество самосвалов на карьере, благодаря чему снижается уровень выбросов загрязняющих веществ и CO₂. Кроме того, внедрение циклично-поточной технологии позволяет повысить производительность и уровень безопасности, автоматизировать производственный процесс.

НДТ 18. Применение бестранспортной системы разработки

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе выемочно-погрузочных работ при добыче угля открытым способом. Данная технология может использоваться **при горизонтальном или пологом залегании угольных пластов, мощности пластов угля не более 10–15 м и мощности покрывающих пород не более 20–35 м.**

Содержание НДТ. При использовании данной технологии, вскрышные породы перемещаются во внутренние отвалы экскаваторами с механической лопатой и канатной связью (драглайнами).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты после внедрения НДТ.

Применение бестранспортной системы разработки позволяет сократить объем работы транспорта и, как следствие, снизить выбросы загрязняющих веществ и CO₂, а также расход топлива. Внедрение технологии снижает себестоимость вскрышных работ (в 2–5 раз по сравнению с транспортной системой), способствует повышению производительности труда. Технология отличается относительно невысокой металлоемкостью оборудования.

НДТ 19. Применение эмульсионных взрывчатых веществ

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе подготовки горных пород к выемке при добыче угля открытым способом.

Содержание НДТ. Эмульсионные взрывчатые вещества (эмулиты) представляют собой однородные смеси, в качестве окислителя, как правило, содержащие перенасыщенный водный раствор нитрата аммония с добавкой нитрата натрия или кальция, реже перхлоратов. Эмульсионные взрывчатые вещества обладают рядом преимуществ по сравнению с другими промышленными взрывчатыми веществами: водоустойчивость, длительный срок пребывания заряда в скважине даже в проточной воде, возможность регулирования мощности эмульсионных взрывчатых веществ в широких пределах, низкая чувствительность к механическим и тепловым воздействиям и, следовательно, высокая безопасность в обращении.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты после внедрения НДТ.

Применение эмульсионных взрывчатых веществ позволяет сократить эмиссию загрязняющих веществ и CO₂.

Т а б л и ц а 33 – Технологические показатели выбросов загрязняющих маркерных веществ при использовании НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух

Вид деятельности	Маркерное вещество	Технологический показатель, г/т ¹⁾
Добыча угля подземным способом	Пыль неорганическая	58,0
Добыча угля подземным способом ²⁾	Пыль неорганическая	89,0
Добыча угля открытым способом	Пыль неорганическая	36,0
Обогащение угля	Пыль неорганическая	21,0
Обогащение угля ³⁾	Пыль неорганическая	112,0
¹ Технологический показатель для добычи указан на тонну добытой горной массы, для обогащения – на тонну обогащенного угля (концентрата) ² Для предприятий, технологический процесс которых предполагает наличие отвалов ³ 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 Таблица 34.

НДТ 20. 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 участков водоотливов с переборской 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).

В рамках данной технологии может осуществляться опережающее скважинное водопонижение. При этой операции в границах лицензионного участка, опережая фронт продвижения горных работ, пробуриваются скважины, которые позволяют сократить объем водопритока, поступающего в горные выработки

непосредственно на участках горных работ. Эти воды не участвуют в технологическом процессе и по сути представляют собой подземные воды, не требующие очистки.

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 грунта.

НДТ 21. 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).

В рамках данной технологии может осуществляться опережающее скважинное водопонижение. При этой операции в границах лицензионного участка, опережая фронт продвижения горных работ, пробуриваются скважины, которые позволяют сократить объем водопритока, поступающего в горные выработки непосредственно на участках горных работ. Эти воды не участвуют в технологическом процессе и по сути представляют собой подземные воды, не требующие очистки.

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 грунта.

НДТ 22. 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, при охлаждении оборудования или от пара в котельной). На углеобогащательных 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 23. 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 тяжелосредних 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 (например, флотацию).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Данная НДТ позволяет снизить расход воды и потребление магнетита при обогащении угля в тяжелых средах. Производительность тяжелосредних гидроциклонов достигает 500 т/ч, что соответствует расходу суспензии в объеме примерно 2 тыс. м³/ч. Благодаря данной НДТ большая часть этого расхода покрывается вторичной суспензией.

НДТ 24. 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 26 «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 могут быть доочищены

дополнительными способами, например, применением определенных сооружений 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;
- установки фильтрации с использованием в качестве загрузки, веществ, активно участвующих в процессах перевода загрязняющих веществ в нерастворимое состояние;
- 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 25. 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 26 «Очистка ливневых и производственных вод»). **Данная НДТ может применяться только в дополнение к НДТ 24 «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 инаktivации при использовании установок УФ-обеззараживания составляет 99,9 %.

НДТ 26. 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 (с применением как инертных, так и «активных» загрузок для фильтрации), удалением нефтепродуктов (например, с помощью нефтеловушки или боновых фильтров) и иными технологиями (см. НДТ 24 «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 27. 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).

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 24 «Базовая очистка сточных вод»).

- Реагентная флотация.

- Доочистка (как правило, доочистка осуществляется на сорбционных засыпных фильтрах, но также могут применяться другие устройства).

- Обеззараживание (см. НДТ 25 «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 и микроорганизмов в сточных водах. Стандартный уровень инактивации при использовании установок УФ-обеззараживания составляет 99,9 %.

Т а б л и ц а 34 – Технологические показатели сбросов загрязняющих маркерных веществ при использовании НДТ в области минимизации негативного воздействия на водные ресурсы

Вид деятельности	Маркерное вещество (показатель)	Технологический показатель ¹ , мг/дм ³
Добыча угля подземным способом	взвешенные вещества	20,0
	железо	0,3
	нефть и нефтепродукты	0,07
	марганец	0,2
	медь	0,005
Добыча угля открытым способом	взвешенные вещества	19,0
	железо	0,7
	нефть и нефтепродукты	0,07
	марганец	0,2
	медь	0,005
¹ Технологический показатель для добычи указан как среднегодовая концентрация		

5.4 НДТ в области минимизации негативного воздействия отходов

НДТ 28. Использование отходов недропользования для ликвидации горных выработок 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 недропользования.

Содержание НДТ. Данная НДТ предполагает использование отходов недропользования (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения, золошлаков и других видов отходов IV и V классов опасности) для ликвидации горных выработок при открытой и подземной добыче угля. Данная технология подробно описана в пункте 2.2.7.3.3 «Ликвидация горных выработок и рекультивация земельных участков». Фактически данная НДТ представляет собой первый этап технической рекультивации.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Применение НДТ способствует сокращению изъятия земель под размещение отходов недропользования, способствует восстановлению нарушенных земель за счет технической рекультивации, сокращению образования загрязненных сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

НДТ 29. Обустройство хвостохранилищ

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе утилизации отходов недропользования 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 мокрых продуктов обогащения в водные объекты;

- возможность использования осушенных отходов обогащения в качестве строительного материала;

- возможность повторного использования осветленной воды в технологическом цикле обогатительной фабрики.

НДТ 30. Использование отходов недропользования для производства строительных материалов

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе утилизации отходов недропользования при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Содержание НДТ. Данная технология предполагает использование отходов недропользования (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения, золошлаков и других видов отходов IV и V классов опасности) для производства строительных материалов. Данная технология описана в пункте 2.2.7.3 «Обращение с отходами производства».

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Производство строительных материалов из отходов недропользования снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет комплексного использования ресурсов, сокращает объем образования отходов недропользования.

НДТ 31. Переработка угольных шламов гравитационными методами

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на обогатительных фабриках на этапе утилизации отходов недропользования. Может применяться на углеобогачительных фабриках при наличии свободных площадей и развитых систем водоснабжения и водоотведения.

Содержание НДТ. Технология предполагает обогащение угольных шламов методами гравитационного обогащения (отсадкой, обогащением на шлюзах, винтовых сепараторах, противоточных сепараторах). Данная технология описана в пункте 2.3.3 «Гравитационное обогащение».

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Извлечение полезного компонента из угольных шламов сокращает потери полезного ископаемого при добыче угля, способствует снижению объемов образования отходов недропользования и выбросов в атмосферу при пылении отвалов.

НДТ 32. Предварительная обработка размещаемых отходов обогащения (обезвоживание, сушка)

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе утилизации отходов недропользования при обогащении угля (для утилизации пульпы, формирующейся в процессе обогащения угля).

Применение данной технологии ограничено необходимостью модернизировать производственные мощности предприятия.

Содержание НДТ. Данная технология подразумевает предварительное обезвоживание отходов недропользования для последующей утилизации (путем переработки, закладки в выработанное пространство или размещения в отвалах). Для обезвоживания могут применяться следующие средства:

- рамные фильтр-прессы;
- осадочные центрифуги и гидроциклоны.

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).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Применение технологии снижает потребление водных ресурсов за счет включения извлеченной при осушении воды в оборотное водоснабжение, сокращает объемы отходов недропользования, а также необходимую площадь земель для размещения отходов, снижает объем образования загрязненных сточных вод в результате деятельности предприятия.

НДТ 33. Обезвоживание осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется 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, однако требуется модернизация производственных мощностей предприятия.

Содержание НДТ. 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).

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. 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].

НДТ 34. Применение флотации для обогащения шламов

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на обогатительных фабриках на этапе утилизации отходов недропользования. Может применяться на углеобогатительных фабриках при наличии свободных площадей и развитых систем водоснабжения и водоотведения.

Содержание НДТ. Данная технология предполагает обогащение угольного шлама, образующегося при обогащении в водной среде, методом флотации с применением флотационных реагентов.

Применение данной технологии позволяет извлечь из шламовой воды мелкодисперсную углеродистую (горючую) часть, извлечение которой не удалось достичь иными способами обогащения. Применение флотационного метода обогащения является тонким обогащением шламов и позволяет существенно снизить количество отходов, поступающих в отвалы.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты после внедрения НДТ. Извлечение полезного компонента из угольных шламов сокращает потери

полезного ископаемого при добыче угля, способствует снижению объемов образования отходов недропользования и выбросов в атмосферу при пылении отвалов, сокращение площадей, изымаемых их хозяйственного оборота под размещение отходов

НДТ 35. Использование отходов углеобогащения для ликвидации горных выработок при добыче угля

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться при ликвидации горных выработок и рекультивации земельных участков после окончания открытых и подземных добычных работ. Данная технология подразумевает предварительное обезвоживание отходов углеобогащения (пульпы).

Содержание НДТ. Данная технология предполагает использование сухих и осушенных отходов углеобогащения (V класса опасности) для ликвидации горных выработок и рекультивации нарушенных земель.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Технология обладает следующими преимуществами:

- сокращение площади земель, изымаемых для складирования отходов;
- сокращение количества отходов углеобогащения, поступающих в отвал;
- сокращение массы выбросов загрязняющих веществ (неорганической пыли), поступающих в атмосферный воздух с пылящих поверхностей отвалов отходов углеобогащения.

5.5 НДТ в области рекультивации земель

НДТ 36. 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 недропользования и отходами производства» и 2.3.10.3 «Обращение с отходами недропользования».

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 37. 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 сельскохозяйственных 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.

НДТ 38. Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород

Условия и ограничения применения. Данная технология применяется на этапе утилизации и складирования отходов недропользования при добыче угля открытым способом. Данная технология может быть внедрена только на новых предприятиях угольной промышленности, где еще не были сформированы отвалы методом валовой (неселективной) укладки вскрышных пород.

Содержание НДТ. Данная технология предполагает селективную разработку, складирование и укладку в отвал вскрышных пород с различными агрохимическими свойствами.

Оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ. Данная технология позволяет снизить до минимума риски нарушения устойчивости отвалов, развития эрозионных процессов, которые могут привести к утере хозяйственной ценности рекультивированными отвалами.

5.6 НДТ в области минимизации негативного воздействия физических факторов

НДТ 39. 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. Перспективные технологии

Перспективная технология 1. Мониторинг состояния окружающей среды с использованием цифровых технологий и беспилотных летательных аппаратов

Условия и ограничения применения. Данная НДТ применима для всех предприятий угольной промышленности (шахт, разрезов, обогатительных фабрик).

Описание технологии. Данная НДТ позволяет осуществлять мониторинг состояния окружающей среды, объёмов образования отходов выпусков и состава сточных вод, площадей нарушений и рекультивации с использованием цифровых технологий и беспилотных летательных аппаратов.

Применение цифровых технологий и беспилотных летательных аппаратов позволяет осуществлять следующие функции:

- получение данных высокого разрешения путем лазерного сканирования и фотограмметрической съемки при инспекционных облетах объектов и территорий;
- формирование 2D и 3D моделей и карт объектов и территорий;
- автоматизированный анализ цифровых данных, измерение объемов, площадей и расстояний;
- анализ рельефной и тепловой карты, высот и глубин;
- анализ отобранных проб и изображений, характеризующих состояние атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, земель и почв, недр, растительного и животного мира;
- формирование статистических данных, в том числе в виде унифицированных файлов, для передачи в государственные информационные системы.

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологии может быть ограничено требуемыми затратами и наличием специализированного программного обеспечения.

Перспективная технология 2. 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 3. 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.

Достижимые экологические преимущества. Применение гидромульчирования позволяет в несколько раз сократить скорость пыления и эрозии грунта. Срок действия противозерозионных 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 4. Применение дизель-троллейвозного карьерного транспорта

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе транспортировки горной массы (вскрышной породы и угля) при добыче угля открытым способом. Целесообразно использовать дизель-троллейвозы на объектах, где планируется долгосрочное проведение работ, так как содержание контактной сети троллейных линий требует ухода и обслуживания. Также целесообразно применять данное оборудование в регионах с существенной разницей стоимости дизельного топлива и электроэнергии.

Описание технологии. Для транспортировки горной массы на карьерах могут применяться дизель-электровозы, собранные на базе карьерных автосамосвалов. Самосвал оснащается пантографом (токоприёмником), который при подъезде к воздушной контактной сети поднимается и касается проводов. Вверх самосвал едет на электротяге, а затем, миновав самую высокую точку трассы, опускает пантограф и спускается на дизельном двигателе.

Достижимые экологические преимущества. Технология обладает следующими преимуществами:

- снижение расхода топлива до 80 %;
- повышение энергоэффективности до примерно 90 %;
- значительное снижение выбросов отработанных газов от дизельных двигателей, загазованности карьера, улучшение экологической обстановки в карьере и на прилегающих территориях;
- возможность применения дизельных двигателей меньшей мощности;

- увеличение скорости движения самосвалов и, как следствие, производительности и объёмов перевозок;
- снижение уровня шума и вибрации.

Экономические аспекты внедрения. Внедрение технологии ограничено следующими аспектами финансового характера:

- дополнительные затраты на повышение качества дорожного покрытия;
- дополнительные затраты на создание и поддержание разветвлённой контактной сети сроком эксплуатации 5–8 лет;
- дополнительные затраты на переоборудование самосвалов под дизель-троллейбусы.

Перспективная технология 5. 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 24 «Базовая очистка сточных вод».**

Описание технологии. Данная технология предназначена для удаления из сточных вод растворенных веществ. 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 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 объёмы 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 6. Очистка больших объемов сточных вод с применением технологии «активной фильтрации»

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться для очистки больших объемов сточных вод при добыче угля открытым способом, подземным способом, а также при обогащении угля. Данная технология пригодна для очистки всех видов сточных вод, кроме хозяйственных.

Описание технологии. Данная технология может быть использована для удаления большинства загрязняющих веществ (взвешенных веществ, органических соединений, тяжелых и токсичных металлов) (подробнее в разделе

2.1.8.2.2). Технологическая линия очистки представляет собой прямоугольную бетонную емкость с выделенными секциями для различных видов загрузок. Для увеличения пропускного объема очистки сточных вод через данную установку конструкция со встречным движением потоков воды и движущихся загрузок заменена на конструкцию, в которой горизонтальный поток очищаемой воды движется перпендикулярно вертикальному потоку загрузки, поступающей на отмывку. Рабочее сечение аппарата в этом случае может быть увеличено многократно.

Достижимые экологические преимущества. Данная технология позволяет снизить содержание взвешенных веществ, органических соединений, тяжелых и токсичных металлов в сточных водах при необходимости очистки больших объемов воды.

Экономические аспекты внедрения. Внедрение технологии ограничено необходимостью модернизировать предприятия, проводить внедрение пилотных проектов. Целесообразно использовать технологию при наличии значительных объемов сточных вод. Относительно водопритоков более 500 м³/час, необходимо опережающее апробирование технологии.

Перспективная технология 7. Отведение сточных вод, образующихся в результате угледобычи в подземные горизонты посредством инфильтрационных бассейнов

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе водоотведения при проведении открытых и подземных добычных работ при условии исключения добычи подземных вод на рассматриваемом геологическом участке для хозяйственно-питьевого водоснабжения, в лечебных и промышленных целях, а также для тепло- и энергоснабжения.

Описание технологии. Данная технология предполагает возврат карьерных и шахтных вод с высокой минерализацией и растворенными формами металлов в подземные водоносные горизонты. При этом должна быть предусмотрена очистка сточных вод от привнесенных загрязнений, таких как взвешенные вещества, нефтепродукты, железо (в случае его привнесения).

Достижимые экологические преимущества. Технология обладает следующими преимуществами:

- исключение сброса неочищенных сточных вод в поверхностные водные объекты;
- исключение образования отходов 3 класса опасности, образующихся при очистке сточных вод и изъятие дополнительных земель под их размещение;
- высокая степень осветления сточных вод в результате инфильтрационных процессов за счёт эффективного улавливания тонкодисперсных взвешенных частиц [85].

Экономические аспекты внедрения.

- необходимость водоподготовки (предварительное отстаивание, фильтрационное удаление твердых взвешенных частиц);
- необходимость проведения работ по изучению совместимости сточных вод с водами и породами водоносного горизонта;
- необходимость проведения гидрогеоэкологической экспертизы.

Перспективная технология 8. Передача карьерных и шахтных вод, очищенных до установленных условий, заинтересованным потребителям, в целях сокращения забора воды из природных источников

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе водоотведения при проведении открытых и подземных добычных работ. Данную технологию целесообразно применять в случаях, когда потенциальные объекты использования сточных вод расположены вблизи угледобывающих предприятий.

Описание технологии. Данная технология предполагает передачу карьерных и шахтных вод, заинтересованным потребителям, в целях сокращения забора воды из природных источников при условии предварительной очистки до показателей, предъявляемых потребителем.

Достигаемые экологические преимущества. Технология обладает следующими преимуществами:

- сокращение сброса сточных вод в поверхностные водные объекты;
- экономия воды на потенциальных объектах использования сточных вод

[80].

Экономические аспекты внедрения. Применение данной технологии может быть ограничено территориальной удаленностью заинтересованных потребителей, необходимостью заключения соглашения на передачу сточных вод, необходимостью предварительной очистки сточных вод.

Перспективная технология 9. Применение замкнутой водно-шламовой системы на обогатительной фабрике

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться при обращении с отходами недропользования на обогатительных фабриках.

Описание технологии. Данная технология предполагает установку оборудования улавливания и сгущения жидких отходов углеобогащения класса крупности менее 0,5 мм с их последующим обезвоживанием до твёрдого состояния и вывозом на отвал твёрдых отходов.

Достигаемые экологические преимущества. Технология обладает следующими преимуществами:

- снижение гидравлической нагрузки на шламоотстойник на 100 %;
- контроль состояния оборотной воды на предприятии;
- сокращение затрат за размещение жидких отходов на шламохранилище.

Экономические аспекты внедрения. Внедрение технологии ограничено необходимостью модернизации предприятия и требуемыми затратами.

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 низкзольного 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».

Достижимые 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. Использование отходов недропользования для производства гуминовых удобрений и препаратов

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе утилизации отходов недропользования при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Описание технологии. Данная технология предполагает использование отходов недропользования (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.

Достижимые экологические преимущества. Производство удобрений из отходов недропользования снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет комплексного использования ресурсов, сокращает объем образования отходов недропользования.

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 12. Извлечение ценных компонентов из угля и отходов обогащения

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на этапе утилизации отходов недропользования 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 недропользования.

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 13. 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 ограниченного вещества (опилок или навоза), а также за счет нанесения плодородного 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 грунта 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.

Перспективная технология 14. Использование технологического грунта, состоящего из осадка со станции очистных сооружений производственных стоков, при рекультивации земель

Условия и ограничения применения. Данная технология может применяться на предприятиях, осуществляющих очистку сточных вод.

Описание технологии. Данная технология предполагает использование осадка со станций очистных сооружений производственных стоков при рекультивации земель. Для технической и биологической рекультивации нарушенных земель используются подсушенные, минерализованные и обеззараженные осадки. Требуемое содержание сухих и минеральных веществ, санитарно-микробиологические и санитарно-паразитологические показатели должны соответствовать установленным в ГОСТ Р 54534-2011 «Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель» показателям.

Достигаемые экологические преимущества. Технология обладает следующими преимуществами:

- улучшение корнеобитаемого слоя лесонасаждений при биологической рекультивации земель;
- повышение устойчивости внутренних отвальных уступов.

Экономические аспекты внедрения. Внедрение технологии ограничено необходимостью приведения осадка на соответствие требуемым показателям, в том числе механическим обезвоживанием, подсушкой на иловых площадках, компостированием, термической сушкой, смешением с известью, дополнительной выдержкой в естественных условиях на площадках стабилизации. Срок выдержки на площадках стабилизации зависит от принятой технологической схемы обработки и может составлять 1–5 лет и более.

Заключительные положения и рекомендации

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Добыча и обогащение угля» подготовлен в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 10.06.2022 г. № 1537-р «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» и правилами определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458.

Состав ТРГ 37 «Добыча и обогащение угля» утвержден приказом Минпромторга России от 7 декабря 2022 г. № 5080 «О создании технической рабочей группы «Добыча и обогащение угля»».

В настоящем справочнике НДТ приведено описание применяемых в настоящее время и перспективных технологических процессов при добыче и обогащении угля.

При подготовке справочника НДТ были использованы материалы, полученные от предприятий угольной промышленности, в ходе сбора данных. Также учитывались результаты научно-технических работ, получивших отражение в открытой печати и в диссертационных работах, маркетинговых исследований.

Справочник НДТ подготовлен также с учетом материалов межотраслевого («горизонтального») ИТС 16—2023 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы», справочника Европейского союза по НДТ в сфере обращения с отходами и пустыми породами горнодобывающей промышленности (Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities) 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;
- сбор данных по стоимости и эффективности всех технических решений, снижающих эмиссии загрязняющих веществ.

Приложение А
(обязательное)
Перечень маркерных веществ

Таблица А-35 – Перечень маркерных веществ

Эмиссии	Маркерные вещества/показатели
Добыча угля подземным способом	
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля
Сбросы сточных вод	Взвешенные вещества
	Нефть и нефтепродукты
	Железо
	Марганец
	Медь
Добыча угля открытым способом	
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля
Сбросы сточных вод	Взвешенные вещества
	Нефть и нефтепродукты
	Железо
	Марганец
	Медь
Обогащение угля	
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля
	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля (для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля)

Приложение Б
(обязательное)
Перечень технологических показателей

Таблица Б.1 – Технологические показатели выбросов загрязняющих веществ

Производственный процесс	Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Величина
Добыча угля подземным способом (проведение горных выработок (выемка, погрузка, транспортировка горной массы, возведение крепи, наращивание транспортных устройств и коммуникаций), буровзрывные работы (бурение, зарядание, взрывание), выемка угля из очистного забоя, подъемно-транспортные работы (в забое и на поверхности), складирование и отгрузка угля, установки газоочистки)	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля	г/т добываемой горной массы (общее количество вскрышных, вмещающих пород и добытого угля)	суммарно ≤ 58,0

Продолжение таблицы Б.1

Производственный процесс	Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Величина
Добыча угля подземным способом (для предприятий, технологический процесс которых предполагает наличие отвалов) (проведение горных выработок (выемка, погрузка, транспортировка горной массы, возведение крепи, наращивание транспортных устройств и коммуникаций), буровзрывные работы (бурение, зарядание, взрывание), выемка угля из очистного забоя, подъемно-транспортные работы (в забое и на поверхности), складирование и отгрузка угля, отвалообразование, пыление отвалов, установки газоочистки)	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля	г/т добываемой горной массы (общее количество вскрышных, вмещающих пород и добытого угля)	суммарно ≤ 89,0

Продолжение таблицы Б.1

Производственный процесс	Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Величина
Добыча угля открытым способом (буровзрывные работы (механическое рыхление, гидравлическое разрушение), выемочно-погрузочные работы (экскавация), транспортировка горной массы (перемещение карьерных грузов), складирование и отгрузка угля, отвалообразование, пыление отвалов)	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля	г/т добываемой горной массы (общее количество вскрышных, вмещающих пород и добытого угля)	суммарно $\leq 36,0$
Обогащение угля (прием угля (разгрузка ж/д вагонов, а/транспорта и прочего транспорта), подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация, обесшламливание угля), обогащение (гравитационное, флотация, электрическая сепарация,	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля	г/т обогащенного угля (концентрата)	суммарно $\leq 21,0$

Продолжение таблицы Б.1

Производственный процесс	Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Величина
специальные методы обогащения), вспомогательные (обезвоживание: дренирование, центрифугирование, сгущение, фильтрация), брикетирование угля (окускование), установки газоочистки, складирование и отгрузка угольного концентрата и промпродукта)			
Обогащение угля (для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля) (прием угля (разгрузка ж/д вагонов, а/транспорта и прочего транспорта), подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация, обесшламливание угля), обогащение	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля	г/т обогащенного угля (концентрата)	суммарно $\leq 112,0$

Окончание таблицы Б.1

Производственный процесс	Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Величина
(гравитационное, флотация, электрическая сепарация, специальные методы обогащения), вспомогательные (обезвоживание: дренирование, центрифугирование, сгущение, фильтрация, сушка), брикетирование угля (окускование), установки газоочистки, складирование и отгрузка угольного концентрата и промпродукта)			

Таблица Б.2 – Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ

Вид деятельности	Маркерное вещество (показатель)	Технологический показатель ¹ , мг/дм ³
Добыча угля подземным способом	взвешенные вещества	$\leq 20,0$ среднегодовая концентрация
	железо	$\leq 0,3$ среднегодовая концентрация
	нефть и нефтепродукты	$\leq 0,07$ среднегодовая концентрация
	марганец	$\leq 0,2$ среднегодовая концентрация

Окончание таблицы Б.2

Вид деятельности	Маркерное вещество (показатель)	Технологический показатель ¹ , мг/дм ³
	медь	≤0,005 среднегодовая концентрация
Добыча угля открытым способом	взвешенные вещества	≤ 19,0 среднегодовая концентрация
	железо	≤ 0,7 среднегодовая концентрация
	нефть и нефтепродукты	≤ 0,07 среднегодовая концентрация
	марганец	≤0,2 среднегодовая концентрация
	медь	≤0,005 среднегодовая концентрация
¹ Технологический показатель для добычи указан как среднегодовая концентрация		

Приложение В
(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	Гидрозабойка и гидрогелевая забойка
НДТ 12	Система высокоточного позиционирования
НДТ 13	Применение электронных систем взрывания
НДТ 14	Орошение и пылеподавление пеной
НДТ 15	Обработка дорожного полотна и отвалов связывающими веществами
НДТ 16	Улавливание и утилизация шахтного метана
НДТ 17	Применение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы
НДТ 18	Применение бестранспортной системы разработки
НДТ 19	Применение эмульсионных взрывчатых веществ
НДТ 20	Шахтный водоотлив и водоотвод
НДТ 21	Карьерный водоотлив и водоотвод
НДТ 22	Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения
НДТ 23	Регенерация магнетитовой суспензии
НДТ 24	Базовая очистка сточных вод
НДТ 25	Обеззараживание сточных вод
НДТ 26	Очистка ливневых и производственных вод
НДТ 27	Физико-химическая очистка сточных вод
НДТ 28	Использование отходов недропользования для ликвидации горных выработок при добыче угля
НДТ 29	Обустройство хвостохранилищ
НДТ 30	Использование отходов недропользования для производства строительных материалов
НДТ 31	Переработка угольных шламов гравитационными методами
НДТ 32	Предварительная обработка размещаемых отходов обогащения (обезвоживание, сушка)
НДТ 33	Обезвоживание осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод

Окончание таблицы

№ НДТ	Наименование НДТ
НДТ 34	Применение флотации для обогащения шламов
НДТ 35	Использование отходов углеобогащения для ликвидации горных выработок при добыче угля
НДТ 36	Техническая рекультивация нарушенных земель
НДТ 37	Биологическая рекультивация нарушенных земель
НДТ 38	Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород
НДТ 39	Применение средств и методов звуко- и виброзащиты

Приложение Г (обязательное)

Ресурсная и энергетическая эффективность

Г.1 Краткая характеристика отрасли с точки зрения ресурсо- и энергопотребления

Технологические процессы добычи угля и его обогащения характеризуются высоким уровнем энергопотребления и потребления воды, средним уровнем потребления энергии топлива (нефтепродуктов) (см. разделы 2, 3).

Г.2 Основные технологические процессы, связанные с использованием энергии и ресурсов

К основным технологическим процессам, связанным с использованием энергии и воды, относятся: проведение горных выработок, подъемно-транспортные и очистные работы, транспортировка горной массы, вентиляция и дегазация горных выработок, осушение, водоотлив, водоотведение и водоснабжение, обогащение угля.

Г.3 Уровни потребления

Уровень энергопотребления в отрасли зависит от выбранной технологии производства и используемого оборудования. Удельное энергопотребление на различных предприятиях угольной промышленности варьирует в следующих пределах:

- при подземной добыче – до 101,2 кВт·ч/т;
- при открытой добыче – до 10,4 кВт·ч/т;
- при обогащении угля – до 47,2 кВт·ч/т.

Г.4 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» и представленных в таблице ниже (таблица Г.1).

Таблица Г.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
Противодействие смерзанию угля	НДТ 9

Окончание таблицы Г.1

Наименование НДТ	Номер НДТ
Формирование пожаробезопасных отвалов	НДТ 10
Система высокоточного позиционирования	НДТ 12
Применение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы	НДТ 17
Применение бестранспортной системы разработки	НДТ 18
Шахтный водоотлив и водоотвод	НДТ 20
Карьерный водоотлив и водоотвод	НДТ 21
Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения	НДТ 22
Регенерация магнетитовой суспензии	НДТ 23
Использование отходов недропользования для ликвидации горных выработок при добыче угля	НДТ 28
Обустройство хвостохранилищ	НДТ 29
Использование отходов недропользования для производства строительных материалов	НДТ 30
Переработка угольных шламов гравитационными методами	НДТ 31
Предварительная обработка размещаемых отходов обогащения (обезвоживание, сушка)	НДТ 32
Применение флотации для обогащения шламов	НДТ 34
Использование отходов углеобогащения для ликвидации горных выработок при добыче угля	НДТ 35
Техническая рекультивация нарушенных земель	НДТ 36
Биологическая рекультивация нарушенных земель	НДТ 37
Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород	НДТ 38

Г.5 Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности

Таблица Г.2 – Показатели ресурсной и энергетической эффективности

Наименование	Единица измерений	Расход на 1 т добываемой горной массы ¹⁾
Добыча подземным способом		
Электроэнергия	кВт·ч/т	101,2
Свежая вода	м³/т	0,3
Топливо	т у. т./т	0,03
Добыча открытым способом		
Электроэнергия	кВт·ч/т	10,4
Свежая вода	м³/т	0,008
Топливо	т у. т./т	0,002

Окончание таблицы Г.2

Наименование	Единица измерений	Расход на 1 т добываемой горной массы ¹⁾
Обогащение		
Электроэнергия	кВт·ч/т	47,2
Свежая вода	м ³ /т	0,2
Оборотная вода	м ³ /т	6,4
Потребление топлива	т у. т./т	0,5
¹ Технологический показатель для обогащения – на тонну обогащенного угля (концентрата)		

Г.6 Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

К перспективным технологиям, направленным на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления, можно отнести следующие:

- Безвзрывная технология разработки крепких горных пород на разрезах;
- Гидропосев и гидромульчирование;
- Применение дизель-троллейвозного карьерного транспорта;
- Отведение сточных вод, образующихся в результате угледобычи в подземные горизонты посредством инфильтрационных бассейнов;
- Передача сточных вод, образующихся при угледобыче, на ГРЭС;
- Применение замкнутой водно-шламовой системы на обогатительной фабрике;
- Сухие методы обогащения угля;
- Использование технологического грунта, состоящего из осадка со станции очистных сооружений производственных стоков, при рекультивации земель
- Использование отходов недропользования для производства гуминовых удобрений и препаратов;
- Извлечение ценных компонентов из угля и отходов обогащения;
- Микробиологическая рекультивация нарушенных земель.

Приложение Д (обязательное)

Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов

Д.1 Введение

Цель по достижению углеродной нейтральности при устойчивом росте экономики России заявлена в стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (далее – Стратегия низкоуглеродного развития РФ) [20], подготовленной в рамках указа Президента РФ [21].

В соответствии со Стратегией низкоуглеродного развития РФ прогнозируется два сценария с разными подходами по адаптации российской экономики к глобальному энергопереходу:

1. Инерционный сценарий предусматривает реализацию уже принятых решений по достижению национальных целей и задач отраслевых документов стратегического планирования. Дополнительные меры, прямым или косвенным результатом которых является сокращение выбросов парниковых газов, этим сценарием не рассматриваются.

2. Целевой (интенсивный) сценарий предусматривает дополнительные меры по декарбонизации отраслей экономики и увеличению поглощающей способности управляемых экосистем. Этим сценарием глобальный энергопереход рассматривается как один из факторов обеспечения конкурентоспособности российской экономики в глобальном масштабе.

Реализация целевого (интенсивного) сценария приведет в 2050 г. к сокращению нетто-выбросов парниковых газов на 60 % по сравнению с уровнем 2019 г. и на 80 % по сравнению с уровнем 1990 г. Это позволит последовательно повышать амбициозность определяемых на национальном уровне вкладов Российской Федерации в реализацию Парижского соглашения (в случае обеспечения соответствия международным стандартам российской системы углеродного регулирования, критериев устойчивых проектов и уровня поглощающей способности управляемых экосистем).

Набор и значения индикаторов реализации Стратегии низкоуглеродного развития РФ ведется с использованием, в т. ч. показателей выбросов парниковых газов, выраженных в млн тонн эквивалента углекислого газа.

Показатели массы выбросов и поглощений парниковых газов в сценариях Стратегии низкоуглеродного развития РФ приведены в таблице Д.1.

Т а б л и ц а Д . 1 – Показатели массы выбросов и поглощений парниковых газов (млн тонн эквивалента углекислого газа)

Наименование показателей	Факт – 2019 год	План – 2030 год	План – 2050 год
Инерционный сценарий			
Выбросы парниковых газов	2119	2253	2521
Поглощения	-535	-535	-535
Нетто-выбросы	1584	1718	1986

Окончание таблицы Д.1

Наименование показателей	Факт – 2019 год	План – 2030 год	План – 2050 год
Целевой (интенсивный) сценарий			
Выбросы парниковых газов	2119	2212	1830
Поглощения	-535	-539	-1200
Нетто-выбросы	1584	1673	630

В целях реализации Стратегии низкоуглеродного развития РФ [20] и поручений Правительства Российской Федерации [8] необходимо установить показатели удельных выбросов парниковых газов, которые послужат ориентирами достижения углеродной нейтральности в углеродоемких отраслях промышленности. Такие показатели могут быть определены по результатам проведения национального отраслевого бенчмаркинга.

Д.2 Краткая характеристика отрасли с точки зрения выбросов парниковых газов

Процесс добычи угля последующих операций с ним связан с выделением в атмосферу метана (CH_4), который содержится в угольных пластах и прилегающих пустотах. Согласно данным Международного энергетического агентства, угледобыча обеспечивает более 10 % мировой эмиссии метана антропогенного характера (40,5 млн т в 2022 г.) [1].

В соответствии с данными Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг., в 2021 г. выбросы метана от эксплуатации российских угольных месторождений составили 2,803 млн т CH_4 [4]. В том числе эмиссия метана при добыче угля подземным способом составила 1,310 млн т CH_4 , при добыче открытым способом – 1,217 млн т CH_4 , при последующих операциях с углем – 0,276 млн т CH_4 .

С учетом потенциала глобального потепления (коэффициента, определяющего воздействие парниковых газов на глобальное потепление), выбросы от российской угледобычи в 2021 г. составили 70,068 млн т CO_2 -экв. – это 3,2 % от суммарных выбросов парниковых газов в РФ, которые за этот период составили 2 156,599 млн т CO_2 -экв. (без учета сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства).

Процесс угледобычи и последующие операции с углем также могут сопровождаться выбросами углекислого газа (CO_2), в частности, при низкотемпературном окислении, внезапном воспламенении добытого угля и при факельном сжигании CH_4 в процессе дегазации угольных шахт и пластов, однако в России статистика этих эмиссий не ведётся.

Важно отметить, что уровень концентрации метана в угольных пластах – это горно-геологический фактор, который характеризует степень газоносности угольных месторождений. Концентрация метана в шахтах строго контролируется требованиями промышленной безопасности. В связи с этим при установлении

индикативных показателей выбросов парниковых газов для процессов добычи и обогащения угля выбросы CH_4 не учитываются.

Удельные выбросы метана по данным анкетирования предприятий отрасли представлены на рисунке Д.1 (справочно).

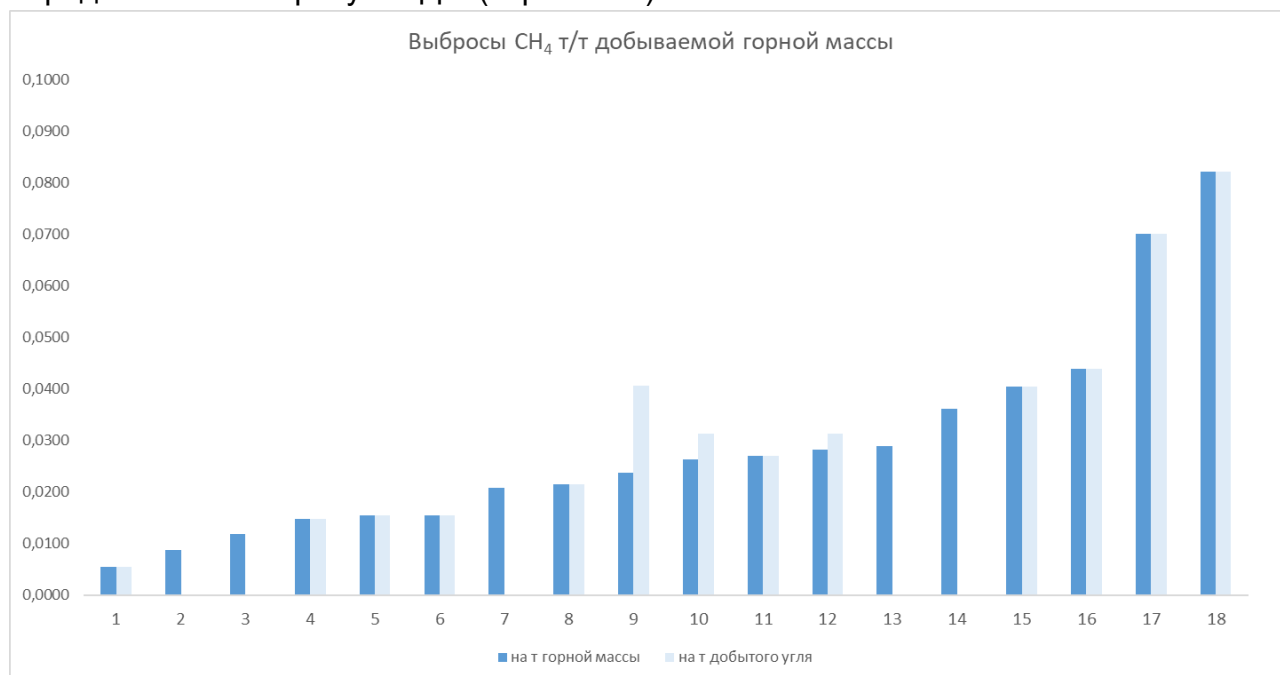


Рисунок Д.1 — Удельные выбросы метана (CH_4) по данным анкетирования предприятий отрасли (справочно)

На предприятиях по добыче и обогащению угля осуществляется эмиссия CO_2 в результате использования электроэнергии, тепловой энергии и топлива из ископаемых источников. Соответственно, уровень энергоемкости и углеродоемкости производственных процессов, осуществляемых на том или ином предприятии во многом будет зависеть от степени электрификации производства.

Д.3 Этапы проведения бенчмаркинга

Национальный бенчмаркинг для угольной отрасли выполнен с учетом требований ГОСТ Р 113.00.11-2022 «Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности» [3].

Основные этапы проведения бенчмаркинга:

- формирование экспертной группы;
- выбор методик(и) расчета выбросов парниковых газов и определение границ процессов для количественного определения выбросов парниковых газов;
- разработка анкеты для сбора данных, необходимых для расчета выбросов парниковых газов;
- сбор и обработка данных, необходимых для расчета удельных выбросов парниковых газов;
- расчет удельных выбросов парниковых газов;

- валидация и верификация результатов расчетов удельных выбросов парниковых газов;

- построение кривой бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов.

Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов выполнен на основании данных 83 предприятий угольной промышленности Российской Федерации, предоставленных в ходе анкетирования с использованием унифицированного шаблона отраслевой анкеты для сбора данных. Данные предоставлены за период с 2018 по 2022 гг.

Результаты бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов являются основой для установления индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов.

Д.3.1 Методология проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов

Д.3.1.1 Определение границ производственных процессов для количественного определения выбросов парниковых газов и выбор методик(и) расчета выбросов парниковых газов

Количественная оценка выбросов парниковых газов выполнена для следующих производственных процессов:

- добыча угля открытым способом;
- добыча угля подземным способом;
- обогащение угля.

Описание границ расчета выбросов парниковых газов от указанных производственных процессов добычи и обогащения угля приведено в таблице Д.2.

Таблица Д.2 – Границы расчета выбросов парниковых газов от производственных процессов добычи руд и обогащения угля

Наименование производственного процесса	Описание границ
Добыча угля открытым способом	В границы расчета выбросов парниковых газов включаются производственные процессы: - буровые работы; - взрывные работы; - выемочно-погрузочные работы; - транспортирование горной массы; - отвалообразование и складирование; - отгрузка продукции; - эксплуатация установок газо- и водоочистки; - водоотведение (откачка дренажной воды).

Окончание таблицы Д.2

Наименование производственного процесса	Описание границ
Добыча угля подземным способом	В границы расчета выбросов парниковых газов включаются производственные процессы: - буровые работы; - взрывные работы; - выемочно-погрузочные работы; - транспортирование горной массы; - отвалообразование и складирование; - отгрузка продукции; - эксплуатация установок газо- и водоочистки; - водоотведение (откачка дренажной воды).
Обогащение угля	В границы расчета выбросов парниковых газов включаются производственные процессы: - разгрузочные работы; - подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация, обесшламливание угля); - обогащение (гравитационное, флотация, электрическая сепарация, специальные методы обогащения); - вспомогательные процессы (обезвоживание: дренирование, центрифугирование, сгущение, фильтрация, сушка); - брикетирование угля (окускование); - эксплуатация установок газо- и водоочистки; - складирование и отгрузка угольного концентрата и промпродукта.

Д.3.1.2 Исходные данные для количественной оценки выбросов парниковых газов

Бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов выполняется на основании данных предприятий, осуществляющих добычу и обогащение угля. Сбор информации проводится путем анкетирования с использованием унифицированного шаблона для сбора данных. Заполненные анкеты проходят проверку на полноту предоставленных данных и сопоставимость данных между предприятиями, при необходимости, данные уточняются и корректируются. Сбор данных проводится за 5-летний период 2018–2022 гг.

Д.3.1.3 Методические подходы к количественной оценке выбросов парниковых газов

При проведении количественной оценки выбросов парниковых газов (далее – ПГ) для добычи угля открытым способом и обогащения угля учитываются только выбросы CO₂.

Для расчета интенсивности выбросов ПГ в целях определения бенчмарков производства продукции (добытого и обогащенного угля) принята единая методика на основании методических подходов, описанных в существующих национальных нормативно-методических документах, международных руководящих документах и документах стандартизации.

Методика учитывает прямые выбросы ПГ от производственного процесса, а также выбросы, связанные с производством электрической и тепловой энергии используемых в производственном процессе. Методика разработана для целей установления индикативных показателей выбросов парниковых газов отдельных производственных процессов и позволяет провести сравнительный анализ (бенчмаркинг) производственных процессов отрасли.

Выбросы определяются за один полный календарный год.

Расчет интенсивности выбросов ПГ (бенчмарк) для производства продукции

Расчет удельных выбросов ПГ для производства продукции выполняется по формуле (Д.1):

$$I_{\text{ПГ}} = E_{\text{ПГ,прям.}} + E_{\text{ПГ,электр.}} + E_{\text{ПГ,тепл.}} \quad (\text{Д.1})$$

где:

$I_{\text{ПГ}}$ – интенсивность выбросов (бенчмарк) для производства определенного вида, т ПГ/т продукции;

$E_{\text{ПГ,прям.}}$ – удельные прямые выбросы в границах производственного процесса, т ПГ/т продукции;

$E_{\text{ПГ,электр.}}$ – удельные выбросы, связанные с электроэнергией, т ПГ/т продукции;

$E_{\text{ПГ,тепл.}}$ – удельные выбросы, связанные с тепловой энергией, т ПГ/т продукции.

Удельные выбросы ПГ определяются как валовые выбросы ПГ, отнесенные к объему основной произведенной продукции для каждого производственного процесса.

Расчет удельных прямых выбросов ПГ в границах производственного процесса

Расчет удельных прямых выбросов ПГ в границах производственного процесса выполняется согласно методике количественного определения объемов выбросов ПГ, утвержденной приказом Минприроды России от 27 мая 2022 г. № 371 [6] для следующих категорий источников:

- стационарное сжигание газообразного, жидкого и твердого топлива;
- сжигание топлива в транспорте.

Расчет удельных выбросов ПГ (CO₂), связанных с потреблением и выработкой электроэнергии

Расчет удельных выбросов ПГ (CO₂), связанных с электроэнергией, выполняется по формуле (Д.2):

$$E_{\text{ПГ,электр.}} = P_{\text{потр.}} \times EF_{\text{CO}_2,\text{электр.}} \quad (\text{Д.2})$$

где:

$P_{\text{потр.}}$ – удельное потребление электроэнергии в границах производственного процесса, МВт·ч/т продукции.

$EF_{\text{CO}_2,\text{электр.}}$ – коэффициент выброса для электроэнергии, т CO₂/МВт·ч.

Величина $P_{\text{потр.}}$ определяется по фактическим данным предприятия. Величина $P_{\text{потр.}}$ при подстановке в формулу (2) не должна включать затраты электроэнергии на собственные нужды источника электроэнергии. Величина $P_{\text{потр.}}$ включает суммарное потребление электроэнергии, как поставленной со стороны для данного производства, так и выработанной в границах производственного процесса.

Величина $EF_{\text{CO}_2,\text{электр.}}$ принимается равной 0,446 т CO₂/МВт·ч как среднее значение коэффициента выбросов CO₂ (факт) по второй ценовой зоне ЕЭС России за период 2022 г. по данным АО «АТС».

Расчет удельных выбросов ПГ (CO₂), связанных с потреблением и выработкой тепловой энергии

Расчет удельных выбросов ПГ (CO₂), связанных с тепловой энергией, выполняется по формуле (Д.3):

$$E_{\text{ПГ,тепл.}} = Q_{\text{потр.}} \times EF_{\text{CO}_2,\text{тепл.}} \quad (\text{Д.3})$$

где:

$Q_{\text{потр.}}$ – удельное потребление тепловой энергии (в паре и горячей воде) в границах производственного процесса, Гкал/т продукции;

$EF_{\text{CO}_2,\text{тепл.}}$ – коэффициент выброса для тепловой энергии, т CO₂/Гкал.

Тепловая энергия включает энергию, передаваемую с паром и горячей водой.

Величина $EF_{\text{CO}_2,\text{тепл.}}$ принимается равной средней величине, получаемой расчетным путем согласно [6] на основании фактических данных об удельном расходе топлива при производстве собственной тепловой энергии на предприятиях отрасли, т CO₂/Гкал и принимается равной 0,5 т CO₂/Гкал (основное топливо – уголь).

Д.3.2 Результаты расчетов удельных выбросов парниковых газов

Результаты расчета удельных выбросов парниковых газов производственных процессов добычи и обогащения угля представлены в таблице Д.3. Расчеты удельных выбросов парниковых газов признаны корректными, а результаты достоверными по итогам оценки технической рабочей группы. Выявленные в ходе проведения расчетов замечания были исправлены,

выпадающие из ряда данных верхние и нижние значения были исключены из расчетов.

Таблица Д.3 – Результаты расчетов удельных выбросов парниковых газов производственных процессов (переделов) добычи и обогащения угля

Производственный процесс	Удельные выбросы парниковых газов, т CO ₂ -экв./т продукции					
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Добыча угля подземным способом	0,0117	0,0213	0,0130	0,0147	0,0386	0,0199
	0,0255	0,0184	0,0235	0,0263	0,0279	0,0243
	0,0304	0,0239	0,0204	0,0312	0,0301	0,0272
	0,0352	0,0345	0,0325	0,0380	0,0221	0,0325
	0,0342	0,0326	0,0346	0,0496	0,0524	0,0407
	0,0379	0,0347	0,0401	0,0397	0,0618	0,0428
	0,0381	0,0375	0,0195	0,0181	0,1008	0,0428
	0,0417	0,0408	0,0516	0,0463	0,0535	0,0468
	0,0536	0,0521	0,0397	0,0500	0,0399	0,0471
	0,0523	0,0471	0,0399	0,0521	0,0620	0,0507
	0,0509	0,0728	0,0747	0,0610	0,1213	0,0761
	0,0084	0,0090	0,1739	0,1275	0,1406	0,0919
Добыча угля открытым способом	0,0004	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0004
	0,0006	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
	0,0006	0,0007	0,0008	0,0006	0,0007	0,0006
	0,0008	0,0008	0,0008	0,0005	0,0005	0,0008
	0,0008	0,0007	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008
	0,0003	0,0026	0,0004	0,0004	0,0003	0,0008
	0,0012	0,0009	0,0006	0,0007	0,0008	0,0008
	0,0006	0,0008	0,0009	0,0009	0,0010	0,0008
	0,0007	0,0007	0,0002	0,0018	0,0009	0,0008
	0,0011	0,0011	0,0012	0,0007	0,0006	0,0009
	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010	0,0011
	0,0011	0,0010	0,0011	0,0012	0,0011	0,0011
	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010	0,0015	0,0011
	0,0013	0,0013	0,0011	0,0011	0,0009	0,0012
	0,0013	0,0012	0,0013	0,0011	0,0010	0,0012
	0,0023	0,0008	0,0012	0,0010	0,0009	0,0013
	0,0012	0,0013	0,0010	0,0013	0,0015	0,0013
	0,0014	0,0012	0,0013	0,0013	0,0012	0,0013
	0,0014	0,0012	0,0012	0,0012	0,0014	0,0013
	0,0013	0,0013	0,0014	0,0013	0,0012	0,0013
	0,0014	0,0012	0,0014	0,0016	0,0016	0,0014
	0,0015	0,0014	0,0017	0,0017	0,0012	0,0015
	0,0012	0,0027	0,0017	0,0012	0,0021	0,0018
	0,0017	0,0020	0,0019	0,0017	0,0016	0,0018
	0,0015	0,0018	0,0018	0,0018	0,0022	0,0018

Окончание таблицы Д.3

Производственный процесс	Удельные выбросы парниковых газов, т СО ₂ -экв./т продукции					
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
	0,0063	0,0007	0,0008	0,0007	0,0005	0,0018
	0,0018	0,0019	0,0020	0,0021	0,0014	0,0018
	0,0013	0,0015	0,0031	0,0032	0,0015	0,0021
	0,0021	0,0020	0,0021	0,0021	0,0023	0,0021
	0,0019	0,0022	0,0016	0,0024	0,0028	0,0022
	0,0031	0,0029	0,0035	0,0018	0,0016	0,0026
	0,0016	0,0013	0,0020	0,0055	0,0046	0,0030
	0,0032	0,0033	0,0031	0,0034	0,0031	0,0032
	0,0019	0,0021	0,0080	0,0025	0,0017	0,0032
	0,0027	0,0031	0,0079	0,0048	0,0042	0,0045
Обогащение угля	0,0013	0,0014	0,0014	0,0014	0,0015	0,0014
	0,0019	0,0019	0,0023	0,0041	0,0037	0,0028
	0,0026	0,0020	0,0032	0,0027	0,0035	0,0028
	0,0026	0,0027	0,0044	0,0041	0,0033	0,0034
	0,0037	0,0043	0,0031	0,0026	0,0039	0,0035
	0,0035	0,0048	0,0046	0,0050	0,0040	0,0044
	0,0047	0,0045	0,0038	0,0044	0,0047	0,0044
	0,0060	0,0057	0,0052	0,0043	0,0041	0,0050
	0,0117	0,0076	0,0045	0,0062	0,0047	0,0069
	0,0122	0,0116	0,0100	0,0105	0,0095	0,0108
	0,0128	0,0124	0,0113	0,0121	0,0096	0,0116
	0,0137	0,0152	0,0179	0,0224	0,0210	0,0180
	0,0244	0,0201	0,0185	0,0210	0,0186	0,0205
	0,0226	0,0269	0,0288	0,0277	0,0285	0,0269
	*	*	0,0330	0,0315	0,0348	0,0331
	0,0338	0,0219	0,0336	0,0515	0,0392	0,0360
Обогащение угля (для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля)	0,0091	0,0086	0,0083	0,0087	0,0091	0,0088
	0,0118	0,0130	0,0124	0,0113	0,0118	0,0120
	0,016	0,016	0,020	0,021	0,019	0,0180
	0,0214	0,0183	0,0177	0,0224	0,0221	0,0204
	0,0367	0,0272	0,0219	0,0249	0,0213	0,0264
	0,0299	0,0438	0,0480	0,0425	0,0486	0,0426

* - данные не предоставлены предприятием или являются не релевантными

Д.4 Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов**Д.4.1 Критерии установления индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов**

На основании полученных результатов отраслевого бенчмаркинга и построенных кривых бенчмаркинга для производственных процессов отрасли устанавливаются индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов двух уровней:

1. Верхний уровень индикативного показателя (ИП 1) определяется по формуле (Д.4):

$$I_{IP1} = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times 0,15 \quad (Д.4)$$

где:

I_{max} – максимальный удельный показатель выбросов CO_2 -экв., т CO_2 -экв./т продукции (осредненный за 2018–2022 гг.);

I_{min} – минимальный удельный показатель выбросов CO_2 -экв., т CO_2 -экв./т продукции (осредненный за 2018–2022 гг.);

2. Нижний уровень индикативного показателя (ИП 2) – может использоваться при принятии решений о государственной поддержке и определяется по формуле (5):

$$I_{IP2} = I_{max} - (I_{max} - I_{min}) \times 0,60 \quad (Д.5)$$

где:

I_{max} – максимальный удельный показатель выбросов CO_2 -экв., т CO_2 -экв./т продукции (осредненный за 2018–2022 гг.);

I_{min} – минимальный удельный показатель выбросов CO_2 -экв., т CO_2 -экв./т продукции (осредненный за 2018–2022 гг.).

Д.4.2 Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов

Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для различных производственных процессов добычи и обогащения угля приведены в таблице Д.4 и на кривых бенчмаркинга на рисунках Д.4 – Д.5.

Таблица Д.4 – Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для различных производственных процессов добычи и обогащения угля

Производственный процесс	Индикативный показатель удельных выбросов парниковых газов, т CO_2 -экв./ т продукции	
	Нижний уровень индикативного показателя (ИП 2)	Верхний уровень индикативного показателя (ИП 1)
Добыча угля подземным способом	0,049	0,081
Добыча угля открытым способом	0,002	0,004
Обогащение угля	0,015	0,032

Окончание таблицы Д.4

Производственный процесс	Индикативный показатель удельных выбросов парниковых газов, т CO ₂ -экв./ т продукции	
	Нижний уровень индикативного показателя (ИП 2)	Верхний уровень индикативного показателя (ИП 1)
Обогащение угля (для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля)	0,022	0,037

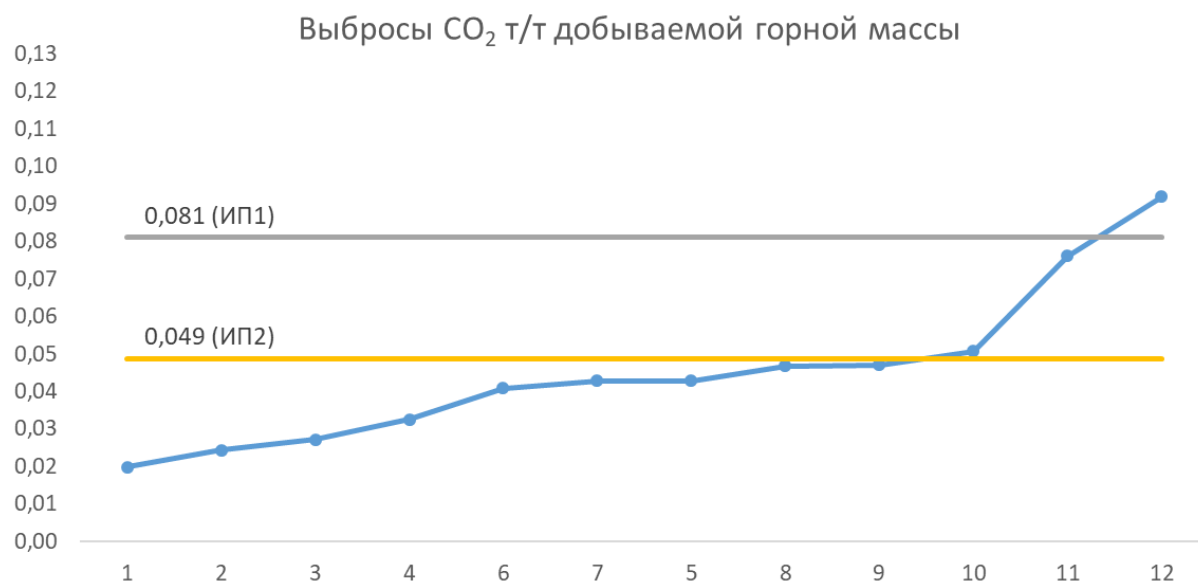


Рисунок Д.2 — Кривая бенчмаркинга и индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для добычи угля подземным способом, т CO₂-экв./ т горной массы



Рисунок Д.3 — Кривая бенчмаркинга и индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для добычи угля открытым способом, т CO₂-экв./ т горной массы

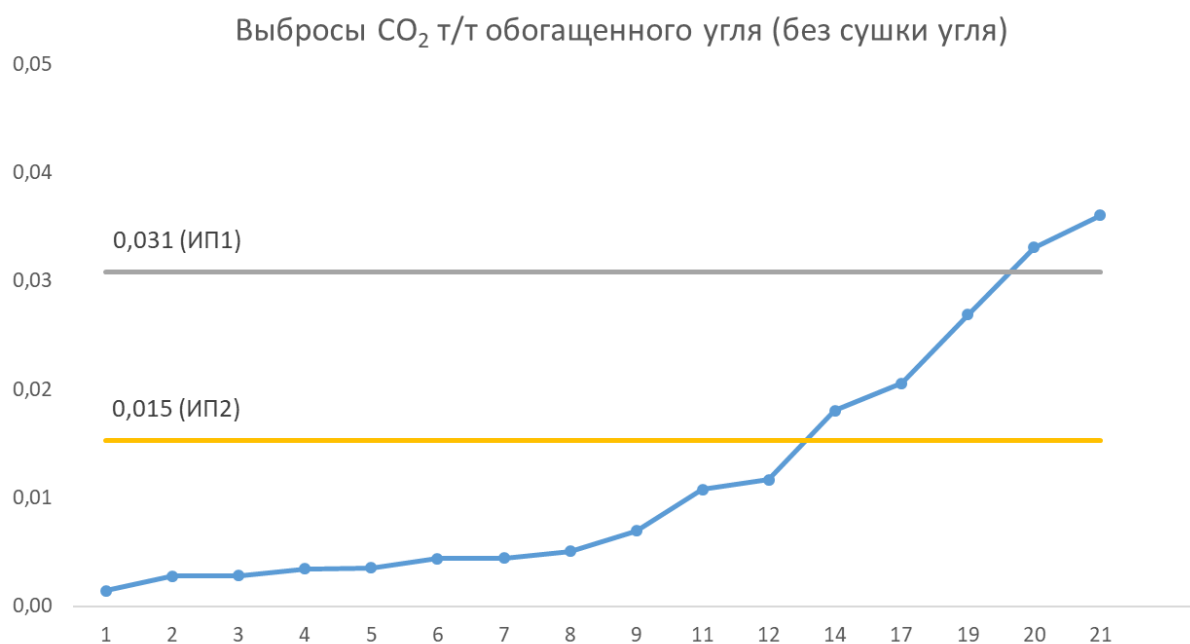


Рисунок Д.4 — Кривая бенчмаркинга и индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для обогащения угля, т CO₂-экв./ т обогащенного угля

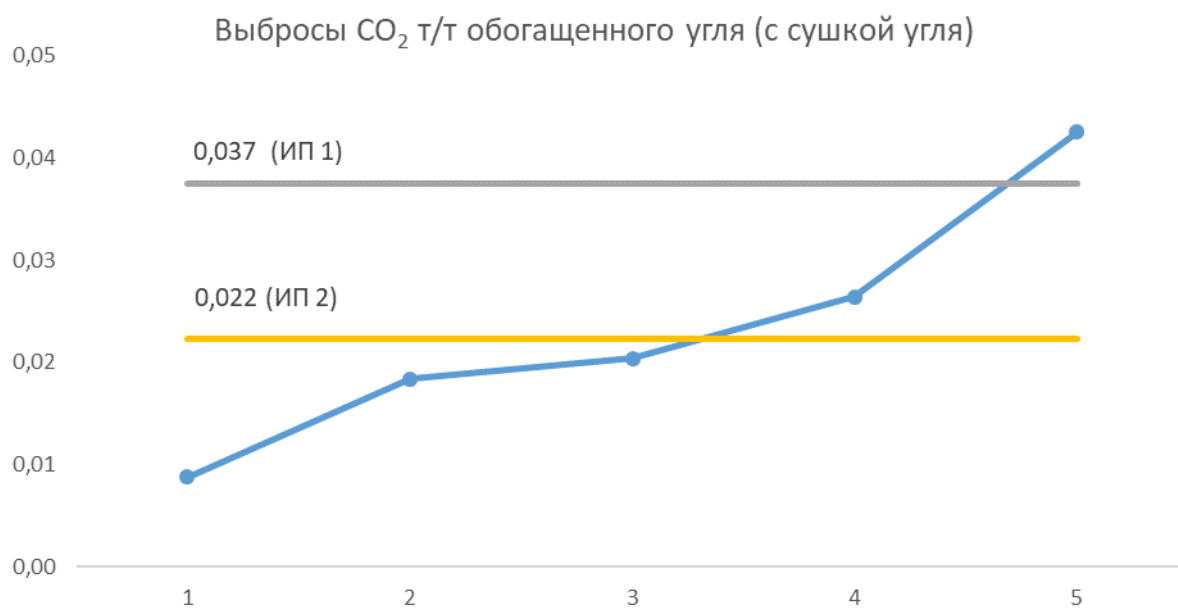


Рисунок Д.5 — Кривая бенчмаркинга и индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для обогащения угля (для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля), т CO₂-экв./ т обогащенного угля

Приложение Е (справочное)

Потребность в импортозамещении технологического оборудования

В связи с актуальностью проблемы импортозамещения, выполнен анализ потребности российских предприятий по добыче и обогащению угля в замещении импортного оборудования. Анализ проводился на основании результатов анкетирования. В связи с тем, что не во всех анкетах было проставлено количество необходимого оборудования, оценка потребности в импортозамещении проводилась качественно по наименованиям и маркам оборудования. Результаты анализа в обобщенном виде (по типам оборудования) представлены в таблице Е.1.

В том случае, если хотя бы одно предприятие указывало оборудование той или иной марки как необходимое к импортозамещению, в таблице оно учитывалось в графе «требуется импортозамещение», даже если у других предприятий такая потребность отсутствует. В связи с длительным сроком эксплуатации многих видов оборудования для добычи и обогащения угля, во многих случаях предприятия не испытывают нужды в его замене отечественными аналогами в обозримой перспективе. Некоторые анкеты не содержат информацию о необходимости (или ее отсутствии) для замены оборудования, производимого в недружественных странах. В этом случае они учитывались в графе «нет данных», хотя, с большой долей вероятности можно считать, что замена в данных случаях не требуется.

Согласно результатам проведенного анализа, наибольшую потребность в импортозамещении испытывают предприятия по обогащению угля (129 марки оборудования), тогда как для добычных предприятий она существенно меньше – 75 марок для открытой добычи и 39 марок для подземной.

В частности, в процессе обогащения угля используются:

- импортные грохоты производства США, ЮАР, Китая;
- импортные барабанные магнитные, спиральные, тяжелосредние сепараторы производства ЮАР, США, Китая, Австралии;
- импортные насосы производства США, Великобритании, Китая;
- импортные классификаторы производства США, Канады, Великобритании, Австрии;
- импортные фильтры производства США, Китая и др.;
- прочее импортное оборудование.

Для проведения открытых добычных работ активно используются:

- импортные одноковшовые экскаваторы с механической лопатой производства компаний Komatsu (Япония), Hitachi (Япония), Liebherr (Германия), Caterpillar (США);
- импортные буровые установки фирм Atlas Copco (США), Sandvik (Швеция);
- импортные бульдозеры фирм Komatsu (Япония), Liebherr (Германия), Caterpillar (США);
- импортные погрузчики фирм Caterpillar (США), Liebherr (Германия), Komatsu (Япония);

- прочее импортное оборудование, требующее замены на российские аналоги.

К видам импортного оборудования, широко применяемого при подземных работах и также требующего импортозамещения, в первую очередь относятся:

- очистные комбайны производства фирм JOY (США), Eickhoff (Германия), Famur (Польша);
- крепи фирм Ostroj s.a. (Чехия), Famur (Польша);
- проходческие комбайны фирмы Sandvik (Швеция);
- дизелевозы германского производства;
- прочее оборудование.

Стоит отметить, что для многих видов оборудования импортозамещение не требуется в принципе. Например, все ленточные конвейеры, используемые при подземных добычных работах, а также большая часть конвейеров, применяемых в процессе обогащения угля – отечественного производства (согласно данным анкет).

Всего, согласно данным анкет, импортозамещение требуется для 243 марок добычного и обогатительного оборудования из 803, или порядка 30 %.

Таблица Е.1 – Оборудование, применяемое предприятиями для добычи и обогащения угля

Технологический процесс	Тип оборудования	Количество марок оборудования, для которых импортозамещение:		
		требуется	не требуется	нет данных
Добыча угля подземным способом	Аспирационная установка	0	2	0
	Бульдозер	0	1	0
	Бункер	0	0	1
	Буропогрузочная машина	0	2	0
	Вагон самоходный	0	1	1
	Вентилятор	1	4	1
	Выемочная машина	2	0	0
	Датчики метана	0	1	0
	Дизелевоз	5	1	0
	Дорога канатная	0	0	1
	Дробильная установка	2	2	5
	Комбайн очистной	7	2	2
	Комбайн проходческий	5	5	3
	Компрессорное оборудование	0	3	0
	Конвейер ленточный	0	60	0
	Конвейер скребковый лавный	4	8	3
	Крепь	6	6	9
	Лебедка	0	1	0
	Насосная установка	0	2	5

Продолжение таблицы Е.1

Технологический процесс	Тип оборудования	Количество марок оборудования, для которых импортозамещение:		
		требуется	не требуется	нет данных
	Осланцеватели, огнепреградители	0	1	0
	Отвалообразователь	0	0	1
	Перегружатель	3	4	4
	Питатель	0	2	0
	Погрузочная машина	1	0	0
	Погрузчик	0	1	0
	Система аэрогазового контроля	0	1	0
	Установка главного водоотлива	0	1	0
	Шахтный подъемник	1	2	0
	Электровоз	2	1	0
	Всего	39	114	36
Добыча угля открытым способом	Автомобиль специального назначения	1	7	0
	Бульдозер	9	14	3
	Буровая установка	11	7	5
	Грейдер	1	4	3
	Дробильная установка	0	7	0
	Карьерный автосамосвал	5	25	6
	Компрессорное оборудование	0	1	0
	Конвейер	0	2	0
	Локомотив	0	7	0
	Многоковшовый экскаватор	2	2	0
	Насосная установка	0	12	0
	Одноковшовый экскаватор с канатной связью (драглайн)	6	4	0
	Одноковшовый экскаватор с механической лопатой	22	24	8
	Погрузчик	18	7	3
	Трактор	0	2	0
	Установка для сжигания отходов	0	1	0

Продолжение таблицы Е.1

Технологический процесс	Тип оборудования	Количество марок оборудования, для которых импортозамещение:		
		требуется	не требуется	нет данных
	Всего	75	126	28
Обогащение угля	Аспирационная система	0	4	0
	Барабанный магнитный (электромагнитный) сепаратор	8	8	0
	Вагоноопрокидыватель	2	1	1
	Грохот	21	24	12
	Грузоподъемное оборудование	0	9	0
	Дробилка	7	12	1
	Железоотделитель	0	4	0
	Калориферы	0	1	0
	Классификатор (гидроциклон)	14	10	5
	Компрессорное оборудование	1	0	0
	Конвейер	4	55	0
	Насос	26	14	0
	Отсадочная машина	4	0	1
	Питатель	2	26	0
	Проборазделочная машина	0	4	0
	Пылеуловитель	0	2	0
	Сгуститель	3	1	0
	Сепаратор противоточный	0	4	0
	Сепаратор тяжелосредный	2	4	0
	Сито дуговое	2	1	0
	Спиральный сепаратор	2	1	1
	Труба-сушилка, барабанная сушилка	0	3	0
	Турбовоздуходувка	0	3	0
	Устройства для передвижения вагонов	0	2	0
	Фильтры (фильтр-прессы, гипербар-фильтры, вакуум-фильтры)	13	9	2

Окончание таблицы Е.1

Технологический процесс	Тип оборудования	Количество марок оборудования, для которых импортозамещение:		
		требуется	не требуется	нет данных
	Флотационная машина	6	6	1
	Центрифуга	8	9	5
	Элеватор обезвоживающий	4	9	1
	Всего	129	226	30
Всего		243	466	94

Приложение Ж
(обязательное)
Заключение по наилучшим доступным технологиям
«Добыча и обогащение угля»

Область применения

Настоящее Заключение НДТ распространяется на следующие виды деятельности:

- добычу угля, включая добычу каменного угля, антрацита и бурого угля (лигнита);
- обогащение угля (как отдельный производственный процесс).

Заключение 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. Дополнительные виды деятельности и соответствующие им справочники НДТ представлены в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1 – Дополнительные виды деятельности и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Соответствующий справочник НДТ
Методы очистки сточных вод, направленные на сокращение сбросов металлов в водные объекты	ИТС 8–2022 «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 15–2021 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))»
Выработка пара и электроэнергии на котельных и тепловых электростанциях	ИТС 38–2022 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии»
Повышение энергетической эффективности	ИТС 48–2023 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности»

Окончание таблицы Ж.1

Вид деятельности	Соответствующий справочник НДТ
Общие процессы и методы горнодобывающей деятельности	ИТС 16–2023 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы»

Сфера распространения данного Заключения НДТ приведена в таблице Ж.2.

Таблица Ж.2 – Сфера распространения Заключения

Код и наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД 2 и наименование вида деятельности
05 Уголь	05 Добыча угля
05.1 Уголь	Эта группировка включает:
05.10 Уголь	- 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
05.10.1 Уголь	05.1 Добыча и обогащение угля и антрацита
05.10.10 Уголь	05.10 Добыча и обогащение угля и антрацита
05.10.10.110 Антрацит	Эта группировка включает:
05.10.10.120 Уголь коксующийся	- добычу угля: добычу подземным или открытым способом;
05.10.10.121 Уголь коксующийся марки ГЖО – газовый жирный отощенный	- обогащение, классификацию, грохочение, измельчение, прессование и т. д. угля для улучшения его качества, облегчения перевозки или хранения
05.10.10.122 Уголь коксующийся марки ГЖ – газовый жирный	Эта группировка также включает:
05.10.10.123 Уголь коксующийся марки Ж – жирный	- извлечение каменного угля из отвалов
05.10.10.124 Уголь коксующийся марки КЖ – коксовый жирный	05.10.1 Добыча угля и антрацита
05.10.10.125 Уголь коксующийся марки К – коксовый	05.10.11 Добыча антрацита
05.10.10.126 Уголь коксующийся марки КО – коксовый отощенный	открытым способом
05.10.10.127 Уголь коксующийся марки КС – коксовый слабоспекающийся	05.10.12 Добыча коксующегося угля
05.10.10.128 Уголь коксующийся марки ОС – отощенный спекающийся	открытым способом
05.10.10.130 Уголь, за исключением антрацита, угля коксующегося и угля бурого	05.10.13 Добыча угля, за исключением антрацита, угля
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	

Продолжение таблицы Ж.2

Код и наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД 2 и наименование вида деятельности
05.10.10.134 Уголь марки КСН – коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный 05.10.10.135 Уголь марки ТС – тощий спекающийся 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)	коксующегося и угля бурого, открытым способом 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 Предоставление услуг в других областях добычи полезных ископаемых (за исключением некоторых видов деятельности)

Окончание таблицы Ж.2

Код и наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД 2 и наименование вида деятельности
09.90 Услуги в горнодобывающем производстве прочие 09.90.1 Услуги в горнодобывающем производстве 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	Эта группировка включает: - предоставление вспомогательных услуг за вознаграждение или на договорной основе для горнодобывающих 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

1. Наилучшие доступные технологии

Подробная характеристика НДТ, применяемых при добыче и обогащении угля, представлена в разделе 5 настоящего справочника. В настоящем Заключении приведено краткое описание НДТ.

НДТ 1. Внедрение систем экологического менеджмента (СЭМ)

НДТ предполагает разработку, внедрение, применение и совершенствование СЭМ на предприятиях угольной промышленности (подробнее см. 2.1.9.1). Внедрение СЭМ способствует эффективному решению вопросов экологического характера, снижению ресурсо- и энергоемкости. Сертификация СЭМ на предмет соответствия стандарту ГОСТ Р ИСО 14001–2016 является добровольной и проводится специальными сертификационными организациями. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.1).

НДТ 2. Производственный контроль и экологический мониторинг

НДТ заключается в осуществлении производственного контроля над основными параметрами технологических процессов и операций, а также над параметрами воздействия на компоненты окружающей среды, и мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод,

земель и почв, недр, растительного и животного мира. Внедрение НДТ позволяет ограничить негативное воздействие на окружающую среду и свести к минимуму возникновение экологических аварий. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.1).

НДТ 3. Пылеподавление в очистном забое

НДТ предполагает предварительное увлажнение угольного пласта, что позволяет снизить запыленность воздуха на 50–80 %. Предварительное увлажнение может осуществляться с помощью насосных установок (высоконапорное увлажнение, подходит для угольных пластов с низкой проницаемостью), либо за счет создаваемого в шахте давления (низконапорное увлажнение, подходит для угольных пластов с высокой проницаемостью). Применение НДТ подходит только для подземной добычи. Подробнее технология описана в разделах 2, 5 (см. 2.1.8.1.3, 5.2).

НДТ 4. Пылеподавление и снижение образования пыли при буровзрывных работах

НДТ состоит в проведении мероприятий по пылеподавлению и сокращению образования пыли на этапе буровзрывных работ при открытой разработке месторождений угля. В рамках НДТ может быть использован один из методов, представленных в таблице Ж.3, или их комбинация. НДТ подробно рассмотрена в разделах 2, 5 (см. 2.2.7.1.1, 5.2).

Таблица Ж.3 – Описание НДТ 4

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Предварительное орошение рабочего участка	Пылегазоподавление до 80–85 %	Только при открытой разработке
Использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием	–	
Предварительное орошение буровых скважин	Снижение концентрации пыли до 1–5 мг/м ³ на расстоянии 50–100 м от скважины	

НДТ 5. Орошение пылящих поверхностей

НДТ предполагает проведение мероприятий по пылеподавлению одним или комбинацией методов, представленных в таблице Ж.4. Подробнее технология рассмотрена в разделах 2 и 5 (см. 2.2.7.1.2, 5.2).

Таблица Ж.4 – Описание НДТ 5

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Орошение с применением: - подачи водного раствора через исполнительные органы выемочной машины; - водяных оросителей и туманообразователей; - водовоздушных эжекторов.	Эффективность пылеподавления 70–98 %	Только при подземной разработке
Орошение с применением: - гидромониторно-насосных установок; - оросительных, распылительных, дождевальных установок; - оросительно-вентиляционных установок; - вентиляционных установок, обеспечивающих обеспыливающее проветривание.	Эффективность пылеподавления: - при взрывных работах – 85–90 %; - при выемочно-погрузочных работах – 80 %–85 %; - при гидрообеспыливании дорог – 50–100 %; - при гидрообеспыливании конвейеров, узлов погрузки, поверхности отвалов – 85–90 %.	Только при открытой разработке и в процессе отвалообразования

НДТ 6. Применение пылеулавливающих установок

НДТ предполагает проведение мероприятий по пылеулавливанию одним или комбинацией методов, представленных в таблице Ж.5. Подробнее технология рассмотрена в разделах 2 и 5 (см. 2.1.8.1.3, 2.2.7.1.5, 5.2).

Таблица Ж.5 – Описание НДТ 6

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Пылеулавливание с использованием осадительных камер	Эффективность пылеулавливания 30–40 %	–
Пылеулавливание с использованием инерционных и жалюзийных пылеуловителей, циклонов	Эффективность пылеулавливания 70–95 %	–
Пылеулавливание с использованием мокрых пылеуловителей	Эффективность пылеулавливания 85–95 %	–

Окончание таблицы Ж.5

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Пылеулавливание с использованием пенных аппаратов	Эффективность пылеулавливания 95–99 %	–
Пылеулавливание с использованием тканевых фильтров	Эффективность пылеулавливания 98–99 %	–
Пылеулавливание с использованием электрофильтров	Эффективность пылеулавливания до 99,9 %	–

НДТ 7. Управление содержанием метана в горных выработках

НДТ предусматривает применение следующих методов (комбинация двух и более методов), направленных на контроль и снижение концентрации метана в подземных горных выработках, в том числе:

- предварительная дегазация угольного пласта с помощью дегазационных установок;
- проветривание горных выработок для удаления метана и иных газов без их улавливания с помощью вентиляторных установок;
- измерение концентрации метана в воздухе горных выработок с помощью датчиков метана;
- измерение концентрации метана в воздухе вентиляционной струи на ее выходе на поверхность земли с помощью датчиков метана.

Подробнее технология описана в разделах 2, 5 (см. 2.1.6, 5.2).

НДТ 8. Противодействие самовозгоранию угля, склонного к окислению

НДТ предполагает применение следующих методов для предупреждения нагревания и самовозгорания склонного к окислению угля:

- сокращение максимально допустимой высоты штабелей угля на складах на 2,5 м;
- 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 перегрева штабеля (для южных регионов).

Подробнее технология описана в разделах 2, 5 (см. 2.2.4.1, 5.2).

НДТ 9. Противодействие смерзанию угля

Применение НДТ позволяет предотвратить смерзание угля за счет применения одного или комбинации следующих методов:

- взрыхление верхнего слоя штабеля с использованием машин рыхлителей или других приспособлений (мероприятие проводится до наступления заморозков или после заморозков, если толщина промерзания не превысила 100–150 мм);
- обработка верхнего слоя угля ПАВ (мероприятие проводится до заморозков на глубину промерзания);
- вентиляция с применением калориферов (мероприятие проводится при складировании угля в закрытых помещениях).

Подробнее технология описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 10. Формирование пожаробезопасных отвалов

НДТ позволяет предотвратить самовозгорание отвалов за счет применения одного или комбинации следующих методов:

- формирование отвалов без выступов в угловых частях, придание отвалам округлой формы;
- выполаживание откосов породных отвалов;
- формирование отвалов слоями;
- уплотнение отвальной массы специальными или транспортными средствами;
- снижение воздухопроницаемости слоя отходов путем заиливания или перекрытия негорючими (изолирующими) материалами;
- формирование противопожарных барьеров.

Подробнее технология описана в разделах 2, 5 (см. 2.2.7.3.2, 5.2).

НДТ 11. Гидрозабойка и гидрогелевая забойка

НДТ предполагает проведение мероприятий по пылеподавлению при взрыве шпуров и скважин одним или комбинацией методов, представленных в таблице Ж.6. Подробнее технология рассмотрена в разделах 2 и 5 (см. 2.1.8.1.3, 2.2.7.1.1, 5.2).

Таблица Ж.6 – Описание НДТ 11

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Гидрозабойка шпуров и скважин водой, водным раствором солей NaCl и CaCl ₂ , снежно-ледяной смесью	Снижение концентрации пыли в пылегазовом облаке на 20–50 %	Значительный расход воды, необходимость систем водоочистки

Окончание таблицы Ж.6

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Гидрогелевая забойка шпуров и скважин с применением аммиачной селитры, жидкого стекла, минеральных солей, смыленных синтетических жирных кислот, парафина и специального оборудования для изготовления гидрогеля		Значительный расход сырья, необходимость систем водоочистки

НДТ 12. Система высокоточного позиционирования

НДТ позволяет обеспечить высокую точность наведения бурового станка в ходе проведения буровзрывных работ при разработке месторождений угля открытым способом. Благодаря этому возможно прогнозирование уровня негативного воздействия взрывных работ на охраняемые объекты, находящиеся вблизи разреза. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 13. Применение электронных систем взрывания

НДТ позволяет подбирать оптимальный интервал замедления для каждой скважины на взрываеом блоке, благодаря чему снижаются выбросы загрязняющих веществ (в том числе неорганической пыли) в атмосферу. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 14. Орошение и пылеподавление пеной

НДТ состоит в проведении мероприятий по пылеподавлению с использованием пены с помощью оборудования, представленного в таблице Ж.7. Подробнее технология рассмотрена в разделах 2 и 5 (см. 2.1.8.1.3, 2.2.7.1.2, 5.2).

Таблица Ж.7 – Описание НДТ 14

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Орошение и пылеподавление пеной с использованием специального оборудования (пеногенератора, воздушно-пенных стволов, арматуры) и материалов (олеиновой кислоты, каустической соды, глицерина)	Эффективность пылеподавления 90–98 %	Необходимость приобретения специального оборудования, значительный расход материалов, необходимость систем водоочистки

НДТ 15. Обработка дорожного полотна и отвалов связывающими веществами

НДТ предполагает обработку верхнего слоя полотна автомобильных дорог или отвалов различными материалами, связывающими пылевые частицы (хлористый кальций, поваренная соль, мазут, универсин, сульфитно-спиртовая барда). Применение связывающих веществ способствует коррозии металла и приводит ко вторичному загрязнению – формированию загрязненных сточных вод и выделению вредных паров. В связи с этим применение данной технологии целесообразно только при наличии системы водоочистки. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 16. Улавливание и утилизация шахтного метана

НДТ состоит в проведении мероприятий по улавливанию метана на подземных горных выработках с помощью модульных дегазационных установок и утилизации метана на теплоэлектростанциях или котельных. НДТ предполагает приобретение дорогостоящего оборудования и целесообразна к применению только на шахтах с высокой метанообильностью. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 17. Применение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы

НДТ предполагает комбинированное использование циклического (автомобильного) транспорта и поточного оборудования (конвейеров) для транспортировки однородной горной породы (вскрышной породы, угля), благодаря чему достигается экономия топлива, сокращаются выбросы загрязняющих веществ и CO₂ в атмосферу. НДТ целесообразно применять при глубине карьера (разреза) более 100 м и сроке эксплуатации месторождения более 10 лет. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 18. Применение бестранспортной системы разработки

НДТ предполагает использование определенной системы отработки месторождений угля открытым способом. Описание НДТ представлено в таблице ниже Ж.8. Подробнее технология рассмотрена в разделе 5 (см. 5.2).

Таблица Ж.8 – Описание НДТ 18

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Перемещение вскрышных пород во внутренние отвалы экскаваторами с механической лопатой и канатной связью (драглайнами)	Сокращение расхода топлива, сокращение выбросов загрязняющих веществ и CO ₂ , снижение себестоимости вскрышных работ в 2–5 раз	Только при открытой разработке и определенных горно-геологических условиях (горизонтальное или пологое залегание пластов угля, малая мощность пластов угля и покрывающих пород)

НДТ 19. Применение эмульсионных взрывчатых веществ

НДТ состоит в сокращении эмиссии загрязняющих веществ и CO₂ за счет применения эмульсионных взрывчатых веществ при добыче угля открытым способом (на этапе подготовки горных пород к выемке). НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.2).

НДТ 20. Шахтный водоотлив и водоотвод

НДТ предполагает проведение комплекса мероприятий по селективному водоотливу и водоотведению шахтных, ливневых и сточных вод для сокращения объема загрязненных вод. 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. Технология может применяться только при подземной отработке. НДТ подробно рассмотрена в разделах 2 и 5 (см. 2.1.7, 5.3).

НДТ 21. Карьерный водоотлив и водоотвод

НДТ заключается в проведении комплекса мероприятий по селективному водоотливу и водоотведению подземных, ливневых и сточных вод для сокращения объема загрязненных вод. Система водоотлива состоит из устройства для регулирования внутрикарьерного стока, водосборников, насосных станций с водоотливными установками и с нагнетательными трубопроводами. Технология может применяться только при открытой отработке. НДТ подробно рассмотрена в разделах 2 и 5 (см. 2.2.6, 5.3).

НДТ 22. Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения

НДТ состоит в использовании (в том числе повторном) для производственных нужд предприятия шахтных, карьерных, ливневых и сточных вод, технической воды (в том числе нагретой технической воды для отопления). Технология позволяет сократить расход воды и энергоресурсов. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.3).

НДТ 23. Регенерация магнетитовой суспензии

НДТ предполагает повторное использование магнетитовой суспензии в процессе обогащения в тяжелых средах после регенерации, что позволяет сократить расход воды и магнетита. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.3).

НДТ 24. Базовая очистка сточных вод

НДТ предполагает очистку сточных вод с применением установок, указанных в таблице Ж.9, а также дополнительного оборудования, перечисленного в разделах 2, 5 (см. 2.1.8.2.3, 5.3).

Таблица Ж.9 – Описание НДТ 24

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Очистка сточных вод с применением: - шахтных водосборников или зумпфов для предварительного отстаивания воды; - прудов-отстойников или иных устройств и сооружений для осветления воды	Степень очистки воды по взвешенным веществам после осветления составляет от 50 % до 90 % и более	Не может быть применима для ливневых и производственных вод

НДТ 25. Обеззараживание сточных вод

НДТ предполагает проведение мероприятий по обеззараживанию очищенных сточных вод одним или комбинацией методов, представленных в таблице Ж.10. Подробно НДТ рассмотрена в разделах 2, 5 (см. 2.1.8.2.3, 5.3).

Таблица Ж.10 – Описание НДТ 25

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Очистка сточных вод с применением установок УФ-обеззараживания	Уровень инаktivации микроорганизмов 99,9 %	Не может быть применима для ливневых и производственных вод, может применяться только в дополнение к НДТ 24 «Базовая очистка сточных вод», требует значительных затрат на приобретение оборудования
Очистка сточных вод с применением установок хлорирования, озонирования	—	

НДТ 26. Очистка ливневых и производственных вод

НДТ заключается в проведении мероприятий по очистке ливневых и производственных вод, всеми методами, представленными в таблице Ж.11. НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.1.8.2.3, 5.3).

Таблица Ж.11 – Описание НДТ 26

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Очистка производственных и ливневых вод следующими методами (постадийно): - усреднение различных видов поступающих сточных вод с помощью усреднителей; - механическая очистка (с применением как инертных, так и «активных» загрузок для фильтрации), при необходимости совмещаемая с фильтрующими массивами, удалением нефтепродуктов и иными технологиями; - обеззараживание; - накопление очищенных вод в специальной емкости.	Степень очистки воды после первичного осветления по взвешенным веществам – 50–99 % и более, Степень очистки воды после осветления и применения фильтров по нефтепродуктам – до 99 % и более, уровень инаktivации микроорганизмов после обеззараживания – 99,9 %	Может применяться только для ливневых и производственных вод

НДТ 27. Физико-химическая очистка сточных вод

НДТ заключается в проведении мероприятий по очистке сточных вод комбинацией следующих методов (постадийно):

- усреднение различных видов поступающих сточных вод с помощью усреднителей;
- механическая очистка, при необходимости совмещаемая с фильтрующими массивами, удалением нефтепродуктов и иными технологиями;
- реагентная флотация;
- доочистка (на сорбционных засыпных фильтрах или других устройствах);
- обеззараживание (стандартный уровень инаktivации при использовании установок УФ обеззараживания составляет 99,9 %).

НДТ позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ, ряда загрязняющих веществ и микроорганизмов в сточных водах. НДТ не может применяться для ливневых и производственных вод. Подробно НДТ описана в разделах 2, 5 (см. 2.1.8.2.3, 5.3).

НДТ 28. Использование отходов недропользования для ликвидации горных выработок при добыче угля

НДТ предполагает сокращение объемов отходов недропользования, сокращение изъятия земель под их размещение, а также сокращение загрязненных сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за счет использования отходов недропользования при ликвидации горных выработки (закладки выработанного пространства). Технология, по сути, является первым

этапом технической рекультивации. НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.2.7.3, 5.4).

НДТ 29. Обустройство хвостохранилищ

НДТ предполагает создание и обустройство хвостохранилищ для временного хранения и обезвоживания жидких отходов обогащения угля (пульпы), позволяющих снизить экологический ущерб (по сравнению с вариантом сброса мокрых продуктов обогащения в водные объекты) и обеспечивающих возможность использования осушенных отходов обогащения в качестве строительного материала, а также повторного использования осветленной воды в технологическом цикле обогатительной фабрики. НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.3.11.3.2, 5.4).

НДТ 30. Использование отходов недропользования для производства строительных материалов

НДТ заключается в использовании отходов недропользования для производства строительных материалов. НДТ позволяет сократить объемы отходов. НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.2.7.3, 5.4).

НДТ 31. Переработка угольных шламов гравитационными методами

НДТ позволяет сократить потери полезных компонентов и сократить объемы отходов добычи угля за счет обогащения угольных шламов методами гравитационного обогащения (отсадкой, обогащением на шлюзах, винтовых сепараторах, противоточных сепараторах). НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.3.3, 5.4).

НДТ 32. Предварительная обработка размещаемых отходов обогащения (обезвоживание, сушка)

НДТ состоит в снижении потребления воды, сокращении объема отходов недропользования и земельных площадей под их размещение, сокращении объема образования загрязненных сточных вод за счет предварительного обезвоживания пульпы с помощью рамных фильтр-прессов, осадочных центрифуг и гидроциклонов. Применение НДТ ограничено необходимостью модернизировать производственные мощности предприятия. НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.3.11.3.1, 5.4).

НДТ 33. Обезвоживание осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод

НДТ состоит в снижении влажности илового осадка, образующегося при очистке сточных вод методами естественного или механического обезвоживания. Дополнительно может применяться термическое обезвоживание. Может быть использован один или комбинация методов, представленных в таблице Ж.12. НДТ подробно описана в разделах 2, 5 (см. 2.3.11.3.2, 2.3.7, 5.4).

Таблица Ж.12 – Описание НДТ 33

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Обезвоживание осадка естественным путем обустройства иловых площадок	Снижение влажности илового осадка с 90–99,5 % до 75–80 %	Требуется модернизация производственных мощностей предприятия
Механическое обезвоживание с использованием центрифуг, вакуум-фильтров и фильтр-прессов	Снижение влажности илового осадка до 65–75 % (центрифугование), до 70–75 % (фильтр-прессование)	
Термическое обезвоживание с использованием сушилок	Снижение влажности обезвоженного илового осадка до 40 %	

НДТ 34. Применение флотации для обогащения шламов

НДТ позволяет сократить потери полезного ископаемого при добыче угля, объемы отходов недропользования и выбросы в атмосферу при пылении отвалов за счет применения метода флотации для обогащения угольных шламов. НДТ может применяться на углеобогащательных фабриках при наличии свободных площадей и развитых систем водоснабжения и водоотведения. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.4).

НДТ 35. Использование отходов углеобогащения для ликвидации горных выработок при добыче угля

НДТ позволяет сократить объем отходов углеобогащения, земельных площадей под их складирование и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за счет использования сухих и предварительно осушенных отходов углеобогащения (V класса опасности) для ликвидации горных выработок и рекультивации нарушенных земель. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.4).

НДТ 36. Техническая рекультивация нарушенных земель

НДТ позволяет ускорить процесс восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель при сокращении затрат на проведение рекультивации за счет применения комбинации следующих методов:

- грубая (предварительная) и чистовая планировка поверхности нарушенных земель;
- выполаживание и (или) террасирование откосов отвалов и бортов карьерных выемок;
- подготовка 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;

- ликвидация последствий осадки отвалов открытых горных работ и противоэрозионные мероприятия;
 - засыпка 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.
- НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.5).

НДТ 37. Биологическая рекультивация нарушенных земель

НДТ применяется после окончания использования земель для основной деятельности, связанной с добычей и/или обогащением угля, и направлена на ускорение процесса восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель при сокращении затрат на проведение рекультивации. Биологическая рекультивация проводится после технической рекультивации (см. НДТ 36. Техническая рекультивация нарушенных земель). В рамках НДТ может применяться один или комбинация следующих методов:

- мелиорация – известкование, гипсование, промывка, пескование, глинование и другие приемы, направленные на улучшение химических и физических свойств рекультивационного слоя;
- агрохимические приемы – обработка и удобрения насыпного слоя или слоя горной породы (рекультивационного слоя), специальные севообороты, посадка древеснокустарниковых растений и др.

НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.5).

НДТ 38. Селективная разработка, складирование и укладка в отвал вскрышных пород

НДТ позволяет минимизировать риски нарушения устойчивости отвалов и развития эрозионных процессов за счет раздельной (селективной) разработки, складирования и укладки в отвал вскрышных пород с различными агрохимическими свойствами. НДТ может применяться только на новых угледобывающих предприятиях. Подробно НДТ описана в разделе 5 (см. 5.5).

НДТ 39. Применение средств и методов звуко- и виброзащиты

НДТ позволяет снизить уровень шумового и вибрационного воздействия на предприятиях по добыче и обогащению угля за счет проведения мероприятий одним или комбинацией методов, перечисленных в таблице Ж.13. НДТ подробно описана в разделе 5 (см. 5.6).

Таблица Ж.13 – Описание НДТ 39

Метод / оборудование	Показатели	Ограничения в использовании
Применение шумозащитных конструкций (глушителей шума)	Снижение шумового воздействия	Требуется приобретение необходимого оборудования
Применение шумоизоляции (шумоизоляция дверей, кабин оборудования, звукоизоляция и шумопоглощение в производственных помещениях)		
Применение средств индивидуальной защиты (берушей, протившумных наушников)		
Принудительная смазка поверхностей – источников шума, своевременное проведение ремонта оборудования с высоким уровнем шумового воздействия		
Рациональное расположение шумящих агрегатов (в отдельных зданиях)		
Применение оборудования (частей оборудования) с движущимися и/или вращающимися частями в виброзащитном исполнении	Снижение вибрационного воздействия	
Применение индивидуальных средств виброзащиты (войлочные антивибрационные коврики, виброручкавицы)		
Рациональная организация труда в течение смены		

Производственный экологический контроль

Методы контроля технологических показателей выбросов и сбросов загрязняющих веществ представлены в таблицах Ж.14 и Ж.15.

Таблица Ж.14 – Методы контроля технологических показателей для выбросов

Измеряемые показатели	Метод контроля	Методика измерений
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов Пыль каменного угля (суммарно), г/т	Инструментальные замеры с периодичностью, определяемой условиями КЭР	РД 52.04.830-2015, ПНД Ф 12.1.2.99, ГОСТ 33007–2014 или иная аттестованная методика измерений

Таблица Ж.15 – Методы контроля технологических показателей для сбросов

Измеряемые показатели	Метод контроля	Методика измерений
Взвешенные вещества, мг/дм ³	Инструментальные замеры с периодичностью, определяемой условиями КЭР	ПНД Ф 14.1:2:4.254-09 или иная аттестованная методика измерений
Железо, мг/дм ³	Инструментальные замеры с периодичностью, определяемой условиями КЭР	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96, ПНД Ф 14.1:2:4.259-10 или иная аттестованная методика измерений
Нефть и нефтепродукты, мг/дм ³	Инструментальные замеры с периодичностью, определяемой условиями КЭР	ПНД Ф 14.1.272-2012 или иная аттестованная методика измерений
Марганец, мг/дм ³	Инструментальные замеры с периодичностью, определяемой условиями КЭР	ПНД Ф 14.1.272-2012 или иная аттестованная методика измерений
Медь, мг/дм ³	Инструментальные замеры с периодичностью, определяемой условиями КЭР	ПНД Ф 14.1.272-2012 или иная аттестованная методика измерений

Библиография

- [1] Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
- [2] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 июня 2022 г. № 1537-р «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».
- [3] ГОСТ Р 113.00.03-2019 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.
- [4] ГОСТ Р 113.00.04-2020 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.
- [5] ГОСТ Р 56828.15–2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.
- [6] Приказ Минпромторга России от 7 декабря 2022 г. № 5080 «О создании технической рабочей группы «Добыча и обогащение угля».
- [7] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы НДТ и внедрение современных технологий».
- [8] Приказ Минпромторга России от 18 декабря 2019 г. № 4841 «Об утверждении порядка сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям».
- [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 2022 / BP. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-all-data.xlsx>
- [15] О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. / гл. ред. Д. Д. Тетенькин, Е. И. Петров; Минприроды России, Роснедра. – М. : ФГБУ «ВИМС», 2022. – 626 с.
- [16] Об отрасли. Уголь. / Минэнерго России. – URL: <http://minenergo.gov.ru/node/433>

- [17] Поставки российского угля / Минэнерго России. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/437>
- [18] Бюллетень «Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации» за 2021 г. / ФТС РФ. – URL: <http://stat.customs.ru/>
- [19] Бюллетень «Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации» за 2020 г. / ФТС РФ. – URL: <http://stat.customs.ru/>
- [20] Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р).
- [21] Указ Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов».
- [22] ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению
- [23] Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. – М. : Изд-во Московского государственного горного университета, 2006. – Т. 1. Обогачительные 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] Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля. – Пермь, ФГУП МНИИЭКО ТЭК, 2003.
- [28] ГОСТ Р ИСО 19011–2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента»
- [29] ГОСТ Р ИСО 14001–2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению».
- [30] Певзнер, М. Е. Горная экология. – М. : Изд-во МГГУ, 2003.
- [31] РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы (Часть I. Разделы 1-5).
- [32] Приказ Ростехнадзора от 20.03.2023 г. № 121 «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 08.12.2020 № 507 «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: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-dolgiy-osnovy-gornogo-proizvodstvabasemineru.pdf>.

[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. Киринов и др. ; под общ. ред. К. З. Ушакова. – 2-е изд., стер. – М. : МГГУ, 2002. – 487 с.

[47] СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (вместе с «СанПиН 2.1.3684-21. Санитарные правила и нормы...»)

[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 8–2022 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях». – М. : Бюро НДТ, 2022.

[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: <http://mining-media.ru/ru/article/newtech/1654-osnovnye-sposoby-snizheniya-vybrosov-pyli-i-gazov-pri-vypolnenii-massovykh-vzryvov-v-karere-muruntau>.

[56] Шемякин, С. А., Мамаев, Ю. А., Иванченко, С. Н. Новые технологии открытой разработки месторождений. – Хабаровск : ХГТУ, 2003.

[57] Ржевский, Б. Б. 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: <http://mining-media.ru/ru/article/ogr/1158-pogruzochnye-pogruzочно-sortirovochnye-i-drobilno-sortirovochnye-kompleksy-dlya-ugolnykh-karerov>.

[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: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm_bref_0706.pdf.

[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. Роставтодором 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: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-kleintehnologiyaobogasheniyauglei.pdf>.

[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] Васянович Ю.А., Лушпей В.П., Музыченко О.В., Возможности использования шахтных и карьерных вод для нужд населенных пунктов в угледобывающих регионах – Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2013

[81] СанПиН1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

[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] Тальгамер Б.Л., Рославцева Ю.Г., Водоотведение при разработке угольных месторождений по восстанию с внутренним отвалообразованием – «Уголь», декабрь 2020

[86] ГОСТ 33007–2014. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газовых потоков. Общие технические требования и методы контроля

[87] СНиП 2.06.14-85 Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод (с Изменением N 1).

[88] ПНД Ф 12.1.2.99. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентраций взвешенных частиц (пыли) в выбросах промышленных предприятий.

[89] Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, утвержденных приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 г. №273.