

Л 2011

28806к

Имангалиева А.К.

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ  
СРЕДЫ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Алматы

2009



Л 2011/28806к

АО «Казахская академия транспорта и коммуникаций  
имени М. Тынышпаева»

# **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Алматы  
2009

502 (075)

И 502

~~УДК 57.026(075)~~

ББК 20.18 я 73

И 50

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Центр охраны здоровья и экопроектирования, д.г.н, Павличенко Л.М.,  
Казахская академия транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева, к.т.н.,  
профессор Целиков ВВ., Казахский Национальный университет им. аль-  
Фараби, к.г.н. Актымбаева А.С.

**И50 А.К. ИМАНГАЛИЕВА**

**Техника и технология защиты окружающей среды: Учеб. Пособие  
для вузов/ А.К.Имангалиева-Алматы:КазАТК.,2009. -92 с**

ISBN 978-601-207-398-0

Изложены вопросы техники и технологии защиты окружающей среды,  
(защита атмосферы, гидросферы и литосферы). Рассмотрены конструкции  
аппаратов и устройств очистки.

Для студентов, обучающихся по специальности «Безопасность  
жизнедеятельности и защита окружающей среды»

УДК 57.026(075)

ББК 20.18 я 73

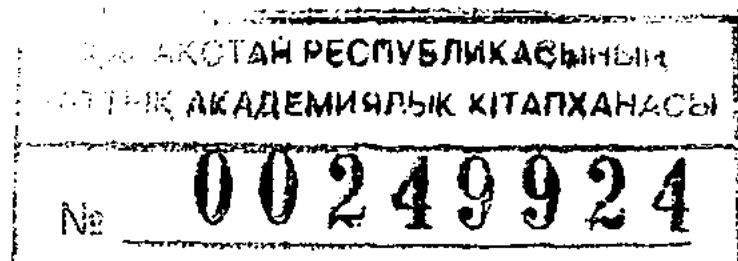
1502020000

И \_\_\_\_\_

00(05)-09

ISBN 978-601-207-398-0

© АО «КазАТК им.М.Тынышпаева», 2009



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
<b>1 ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>5</b>
1.1 Загрязнение атмосферы.....	5
1.2 Загрязнение гидросферы.....	6
1.3 Загрязнение литосферы.....	11
1.3.1 Воздействия на почвы.....	12
1.3.2 Воздействия на горные породы и их массивы.....	12
1.3.3 Воздействия на недра.....	14
<b>2 ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....</b>	<b>15</b>
2.1 Основные процессы очистки промышленных выбросов от пыли.....	15
2.2 Очистка выбросов от газообразных загрязняющих веществ.....	18
<b>3 ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ.....</b>	<b>31</b>
3.1 Защита гидросферы от промышленных загрязнений.....	31
3.1.1 Нейтрализация сточных вод.....	34
3.1.2 Отстаивание.....	36
3.1.3 Сорбция и ионный обмен.....	38
3.1.4 Очистка воды с помощью пористых мембран.....	40
3.1.5 Очистка нефтесодержащих сточных вод.....	45
3.1.6 Биохимическая очистка сточных вод.....	48
3.1.7 Рациональное использование воды.....	56
3.2 Охрана поверхностных и подземных источников водоснабжения питьевой водой.....	61
<b>4 ЗАЩИТА ЛИТОСФЕРЫ.....</b>	<b>65</b>
4.1 Защита почв (земель).....	65
4.2 Охрана и рациональное использование недр.....	68
<b>5 ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ОСОБЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....</b>	<b>70</b>
5.1 Обезвреживание и утилизация твердых отходов.....	70
5.1.1 Основные направления возможной переработки отходов горнорудных предприятий.....	74
5.2 Воздействие электромагнитных полей и защита от них.....	75
5.3 Акустические колебания [шум] и защита от них.....	87
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>91</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности общества и каждого человека в отдельности - один из важнейших приоритетов казахстанского государства. Безопасность складывается из многих составляющих. Безопасность - это экономическая стабильность, возможность найти работу и получить достойную оплату своего труда, это здоровые условия жизни, благополучная наследственность, защищенность от аварий и катастроф.

Жизнедеятельность человека, функционирование экономики обуславливают потребление ресурсов и загрязнение среды обитания. Необходимо приложить все возможные усилия к тому, чтобы природопользование было рациональным, а уровень загрязнения не ухудшал здоровья граждан, в особенности наших детей.

Защита окружающей среды является одним из актуальных вопросов требующих безотлагательных мер, решением которых занимаются многие направления науки.

Наиболее эффективным методом защиты окружающей среды от загрязнения вредными веществами является разработка новых безотходных ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов с замкнутыми производственными циклами, исключаящими или резко снижающими выбросы вредных веществ. Однако не всегда удается разработать экономически выгодные безотходные технологические процессы с полной или комплексной переработкой сырья. Поэтому на современном этапе для большинства промышленных предприятий очистка выбросов остается основным мероприятием по защите окружающей среды.

Для решения этого вопроса необходимо рассмотреть весь комплекс вопросов связанных с загрязнением, вопросом организации защиты окружающей среды, что и является предметом предлагаемого учебного пособия.

# 1 ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## 1.1 Загрязнение атмосферы

Под загрязнением атмосферного воздуха следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем.

Загрязнение атмосферы может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным).

*Естественное загрязнение* воздуха вызвано природными процессами. К ним относятся вулканическая деятельность, выветривание горных пород, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных и степных пожаров и др. *Антропогенное загрязнение* связано с выбросом различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека. По своим масштабам оно значительно превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха.

В зависимости от масштабов распространения выделяют различные типы загрязнения атмосферы: местное, региональное и глобальное. *Местное загрязнение* характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях (город, промышленный район, сельскохозяйственная зона и др.). При *региональном загрязнении* в сферу негативного воздействия вовлекаются значительные пространства, но не вся планета. *Глобальное загрязнение* связано с изменением состояния атмосферы в целом.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются на: 1) газообразные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.); 2) жидкие кислоты, щелочи, растворы солей и др.); 3) твердые (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и прочие).

*Главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха*, образующиеся в процессе производственной и иной деятельности человека — диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), оксид углерода (CO) и твердые частицы. На их долю приходится около 98% в общем объеме выбросов вредных веществ. Помимо главных загрязнителей, в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ, среди которых — формальдегид, фтористый водород, соединения свинца, аммиак, фенол, бензол, сероуглерод и др.

Наиболее опасное загрязнение атмосферы — радиоактивное. В настоящее время оно обусловлено в основном глобально распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами — продуктами испытания ядерного оружия, проводившихся в атмосфере и под землей. Приземный слой атмосферы загрязняют также выбросы в атмосферу радиоактивных веществ с действующих АЭС в процессе их нормальной эксплуатации и другие источники.

Особое место занимают выбросы радиоактивных веществ из четвертого блока Чернобыльской АЭС в апреле — мае 1986 г. Если при взрыве атомной бомбы над Хиросимой (Япония) в атмосферу было выброшено 740 г радионуклидов, то в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. суммарный выброс радиоактивных веществ в атмосферу составил 77 кг.

Еще одной формой загрязнения атмосферы является локальное избыточное поступление тепла от антропогенных источников. Признаком теплового (термического) загрязнения атмосферы служат так называемые термические зоны, например, «остров тепла» в городах, потепление водоемов и т. п.

В целом, если судить по официальным данным на 20 уровень загрязнения атмосферного воздуха в нашей стране, особенно в городах России, остается высоким, несмотря на значительный спад производства, что связывают, прежде всего, с увеличением количества автомобилей.

## 1.2 Загрязнение гидросферы

*Под загрязнением водоемов* понимают снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ.

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире — на каждого жителя России приходится свыше 30 000 м<sup>3</sup>/год воды. Однако в настоящее время из-за загрязнения или засорения около 70% рек и озер России они утратили свои качества как источника питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляют загрязненную недоброкачественную воду (Государственный доклад «Вода питьевая», 1995).

Нарушено исторически сложившееся равновесие в водной среде Байкала — уникальнейшем озере нашей планеты, которое, по подсчетам ученых, могло бы обеспечивать чистой водой все человечество в течение почти полувека. Только за последние 15 лет загрязнено более 100 км<sup>3</sup> байкальской воды. На акваторию озера ежегодно поступает более 8500 т нефтепродуктов, 750 т нитратов, 13 тыс. т хлоридов и других загрязнителей. Ученые полагают, что только размеры озера и огромный объем водной массы, а также способность биоты участвовать в процессах самоочищения спасают экосистему Байкала от полной деградации.

*Главные загрязнители вод.* Установлено, что более 400 видов веществ могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности: санитарно-

токсикологическому, общесанитарному или органолептическому, вода считается загрязненной.

Различают химические, биологические и физические загрязнители (П. Бертокс, 1980). Среди *химических загрязнителей* к наиболее распространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества), пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др. (табл. 1.1). Очень опасно загрязняют воду *биологические загрязнители*, например вирусы и другие болезнетворные микроорганизмы, и *физические* — радиоактивные вещества, тепло и др.

*Основные виды загрязнения вод.* Наиболее часто встречается химическое и бактериальное загрязнение. Значительно реже наблюдается радиоактивное, механическое и тепловое загрязнение.

Таблица 1.1 - Главные загрязнители воды

Химические загрязнители	Биологические загрязнители	Физические загрязнители
Кислоты	Вирусы	Радиоактивные элементы
Щелочи	Бактерии	Взвешенные твердые частицы
Соли Нефть и нефтепродукты	Другие болезнетворные организмы	Тепло Органолептические
Пестициды	Водоросли	(цвет, запах)
Диоксины	Лигнины	Шлам
Тяжелые металлы Фенолы	Дрожжевые и плесневые грибки	Песок Ил
Аммонийный и нитритный азот СПАВ		Глина

*Химическое загрязнение* - наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть *органическим* (фенолы, нафтеновые кислоты, пестициды и др.) и *неорганическим* (соли, кислоты, щелочи), *токсичным* (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.) и *нетоксичным*. При осаждении на дно водоемов или при фильтрации в пласте вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок, и т. д., однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит. Очаг химического загрязнения подземных вод в сильно проницаемых грунтах может распространяться до 10 км и более.



*Бактериальное загрязнение* выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибков и др. Этот вид загрязнений носит временный характер.

Весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих *радиоактивное загрязнение*. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др. В подземные воды уран, стронций и другие элементы попадают как в результате выпадения их на поверхность земли в виде радиоактивных продуктов и отходов и последующего просачивания в глубь земли вместе с атмосферными водами, так и в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами

*Механическое загрязнение* характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели вод

Применительно к поверхностным водам выделяют еще их загрязнение (а точнее, засорение) твердыми отходами (мусором), остатками лесосплава, промышленными и бытовыми отходами, которые ухудшают качество вод, отрицательно влияют на условия обитания рыб, состояние экосистем

*Тепловое загрязнение* связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. Так, например, известно, что на площадке Кольской атомной станции, расположенной за Полярным кругом, через 7 лет после начала ее эксплуатации температура подземных вод повысилась с 6 до 19°C вблизи главного корпуса. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, росту количества гидробионтов и выделению ядовитых газов — сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны, что способствует развитию других видов загрязнения. По существующим санитарным нормам температура водоема не должна повышаться более чем на 3°C летом и 5 °C зимой, а тепловая нагрузка на водоем не должна превышать 12—17 кДж/м<sup>3</sup>.

*Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод.* Процессы загрязнения *поверхностных вод* обусловлены различными факторами. К основным из них относятся 1) сброс в водоемы неочищенных сточных вод, 2) смыв ядохимикатов ливневыми осадками, 3) газодымовые выбросы, 4) утечки нефти и нефтепродуктов.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет выпуск в них *неочищенных сточных вод* — промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных и др.

Промышленные сточные воды загрязняют экосистемы самыми разнообразными компонентами (табл. 1.2) в зависимости от специфики

отраслей промышленности. Следует заметить, что в настоящее время объем сброса промышленных сточных вод во многие водные экосистемы не только не уменьшается, но и продолжает расти. Так, например, в 1995 г в оз. Байкал, вместо планируемого прекращения сброса сточных вод из ЦБК (целлюлозно-бумажного комбината) и перевода их на замкнутый цикл водопотребления, было сброшено сточных вод на 21 % больше, чем в 1994 г.

Таблица 1.2- Приоритетные загрязнители водных экосистем по отраслям промышленности

Отрасль промышленности	Преобладающий вид загрязняющих компонентов
Нефтегазодобыча, нефтепереработка	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийные соли, сульфиды
Целлюлозно-бумажный комплекс, лесная промышленность	Сульфаты, органические вещества, лигнины, смолистые и жирные вещества, азот
Машиностроение, металлообработка, металлургия	Тяжелые металлы, взвешенные вещества, фториды, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы, смолы
Химическая промышленность	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, ароматические углеводороды, неорганика
Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, неорганика, фенолы, взвешенные вещества
Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, другие органические вещества

Коммунально-бытовые сточные воды в больших количествах поступают из жилых и общественных зданий, прачечных, столовых, больниц, и т.д. В сточных водах этого типа преобладают различные органические вещества, а также микроорганизмы, что может вызвать бактериальное загрязнение. Огромное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий и др., смываются с сельскохозяйственных территорий, включая площади, занимаемые животноводческими комплексами (рис. 1.1). По большей части они попадают в водоемы и в водотоки без какой-либо очистки, а поэтому имеют высокую концентрацию органического вещества, биогенных элементов и других загрязнителей.

Огромны масштабы нефтяного загрязнения природных вод. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, на нефтепромыслах в прибрежных зонах, при сбросе с судов балластных вод и т.д.



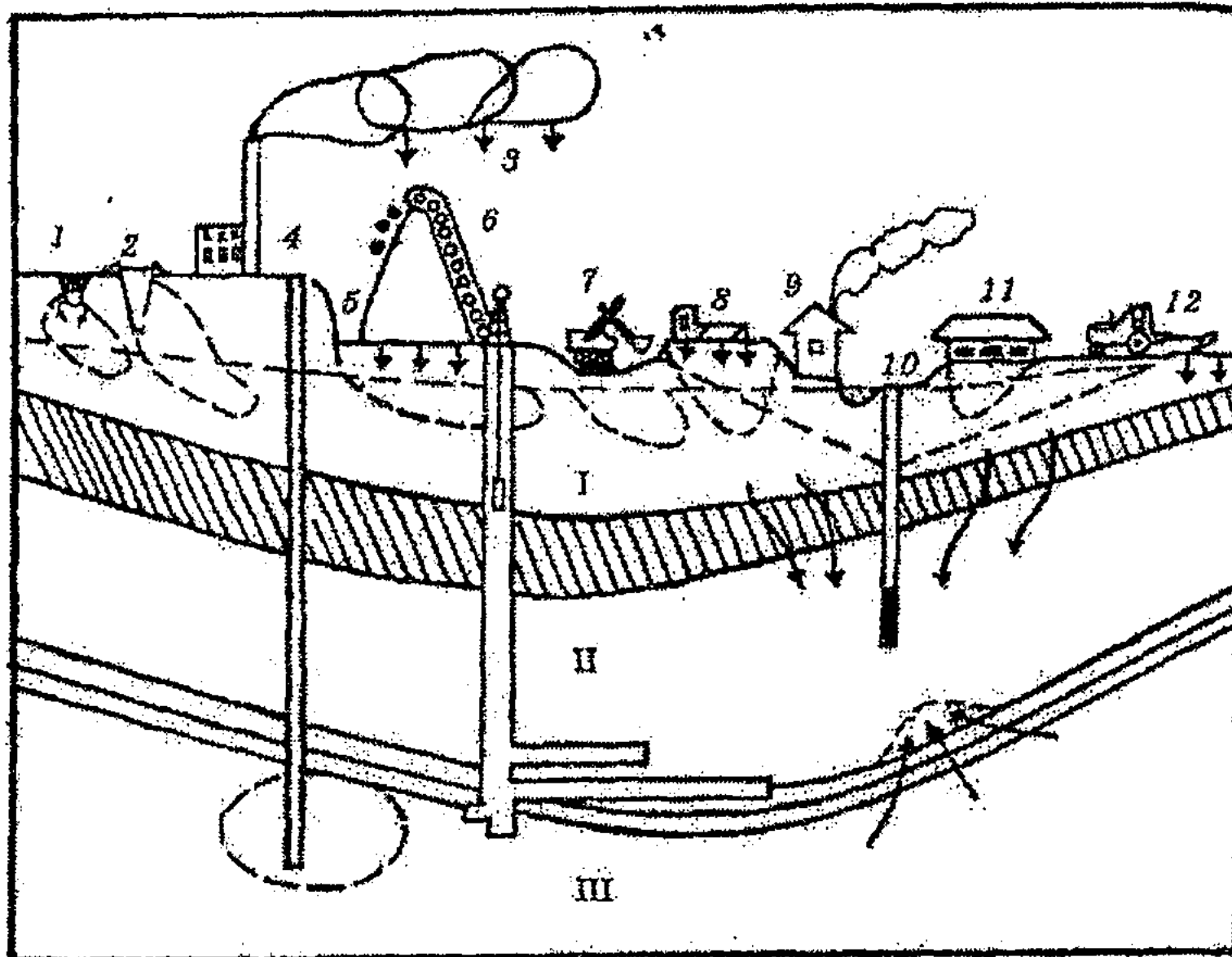


Рис 1.1 Схема источников загрязнения подземных вод (по В. А. Шемелиной, 1989) I — грунтовые воды, II — напорные пресные воды, III — напорные соленые воды

1 — трубопроводы, 2 — хвостохранилище, 3 — дымовые и газовые выбросы, 4 — подземные захоронения промстоков, 5 — шахтные воды, 6 — терриконы, 7 — карьерные воды, 8 — заправочные станции, 9 — бытовое загрязнение, 10 — водозабор, подтягивающий соленые воды, 11 — объекты животноводства, 12 — внесение удобрений и пестицидов

Кроме поверхностных вод постоянно загрязняются и *подземные воды*, в первую очередь в районах крупных промышленных центров. Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны (рис 1.1).

Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников и др., по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки и т. д.

К естественным источникам загрязнения относят сильно минерализованные (соленые и рассолы) подземные воды или морские воды, которые могут внедряться в пресные незагрязненные воды при эксплуатации водозаборных сооружений и откачке воды из скважин.

Важно подчеркнуть, что загрязнения подземных вод не ограничиваются площадью промышленных предприятий, хранилищ отходов и т. д., а распространяются вниз по течению потока на расстояния до 20—30 км и

более от источника загрязнения. Это создает реальную угрозу для питьевого водоснабжения в этих районах.

Следует также иметь в виду, что загрязнение подземных вод негативно сказывается и на экологическом состоянии поверхностных вод, атмосферы, почв, других компонентов природной среды. Например, загрязняющие вещества, находящиеся в подземных водах, могут выноситься фильтрационным потоком в поверхностные водоемы и загрязнять их. Как подчеркивают многие ученые, круговорот загрязняющих веществ в системе поверхностных и подземных вод предопределяет единство природоохранных и водоохраных мер и их нельзя разрывать. В противном случае меры по охране подземных вод вне связи с мерами по защите других компонентов природной среды будут неэффективными.

### 1.3 Загрязнение литосферы

Верхняя часть литосферы, которая непосредственно выступает как минеральная основа биосферы, в настоящее время подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. В эпоху бурного экономического развития, когда в процесс производства вовлечена практически вся биосфера планеты, человек, по гениальному предвидению В. И. Вернадского, стал «крупнейшей геологической силой», под действием которой меняется лик Земли.

Уже сегодня воздействие человека на литосферу приближается к пределам, переход которых может вызвать необратимые процессы почти по всей поверхностной части земной коры. В процессе преобразования литосферы человек (по данным на начало 90-х гг.) извлек 125 млрд. т угля, 32 млрд. т нефти, более 100 млрд. т других полезных ископаемых. Распахано более 1500 млн. га земель, заболочено и засолено 20 млн. га. Эрозией за последние сто лет уничтожено 2 млн. га, площадь оврагов превысила 25 млн. га. Высота терриконов достигает 300 м, горных отвалов — 150 м, глубина шахт, пройденных для добычи золота, превышает 4 км (Южная Африка), нефтяных скважин — 6 км.

Экологическая функция литосферы выражается в том, что она является «базовой подсистемой биосферы: образно говоря, вся континентальная и почти вся морская биота опирается на земную кору. Например, техногенное разрушение минимального слоя горных пород на суше или шельфе автоматически уничтожает биоценоз. Но, кроме того, литосфера служит основным поставщиком минерально-сырьевых и в том числе энергетических ресурсов, большая часть которых относится к невозобновимым» (Елишин, 1985).

Рассмотрим техногенные изменения следующих основных составляющих литосферы: 1) почв; 2) горных пород и их массивов; 3) недр.



### 1.3.1 Воздействия на почвы

Почва — один из важнейших компонентов окружающей природной среды. Все основные ее экологические функции замыкаются на одном обобщающем показателе — *почвенном плодородии*. Отчуждая с полей основной (зерно, корнеплоды, овощи и др.) и побочный урожай (солома, листья, ботва и др.), человек размыкает частично или полностью биологический круговорот веществ, нарушает способность почвы к саморегуляции и снижает ее плодородие. Даже частичная потеря гумуса и, как следствие, снижение плодородия, не дает почве возможность выполнять в полной мере свои экологические функции, и она начинает *деградировать*, т. е. ухудшать свои свойства. К деградации почв (земель) ведут и другие причины, преимущественно антропогенного характера.

В наибольшей степени деградируют почвы агроэкосистем. Причина неустойчивого состояния агроэкосистем обусловлена их упрощенным фитоценозом, который не обеспечивает оптимальную саморегуляцию, постоянство структуры и продуктивности. И если у природных экосистем биологическая продуктивность обеспечивается действием естественных законов природы, то выход первичной продукции (урожая) в агроэкосистемах всецело зависит от такого субъективного фактора, как человек, уровня его агрономических знаний, технической оснащенности, социально-экономических условий и т. д., а значит, остается непостоянным.

Например, в случае создания человеком монокультуры (пшеницы, свеклы, кукурузы и т. д.) в агроэкосистеме нарушается видовое разнообразие растительных сообществ, агроэкосистема упрощается, обедняется и становится неустойчиво неспособной противостоять абиотическому или биотическому экологическому стрессу.

Основные виды антропогенного воздействия на почвы следующие:

- 1) эрозия (ветровая и водная);
- 2) загрязнение;
- 3) вторичное засоление и заболачивание;
- 4) опустынивание;
- 5) отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

### 1.3.2 Воздействия на горные породы и их массивы

В процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека горные породы, слагающие верхнюю часть земной коры в той или иной степени, претерпевают сжатие, растяжение, сдвигание, водонасыщение, осушение, вибрации и другие воздействия.

Изменения, происходящие в породах при различных воздействиях, детально изучают. Это необходимо для прогноза возможного развития опасных геологических процессов, негативно влияющих на экологическую обстановку.

К числу основных антропогенных воздействий на породы относятся: статические и динамические нагрузки, тепловое воздействие, электрическое воздействие и др.

*Статические нагрузки.* Это наиболее распространенный вид антропогенного воздействия на горные породы. Под действием статических нагрузок от зданий и сооружений, достигающих 2 МПа и более, образуется зона активного изменения горных пород, достигающая глубин 70—100 м. При этом наибольшие изменения наблюдаются: 1) в вечномерзлых льдистых породах, на участках залегания которых часто наблюдаются оттаивание, пучение и другие процессы; 2) в сильносжимаемых породах, например, заторфованных, илистых и др.

*Динамические нагрузки.* Вибрации, удары, толчки и другие динамические нагрузки типичны при работе транспорта, ударных и вибрационных строительных машин, заводских механизмов и т. д. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые недоуплотненные породы (пески, водонасыщенные лессы, торф и др.). Прочность этих пород заметно снижается, они уплотняются (равномерно или неравномерно), структурные связи нарушаются, возможно внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, пывунных выбросов и других неблагоприятных процессов.

Другим видом динамических нагрузок являются взрывы, действие которых сходно с сейсмическими воздействиями. Горные породы разрушают взрывным способом при строительстве автомобильных и железных дорог, гидротехнических плотин, добыче полезных ископаемых и т. д. Очень часто взрывы сопровождаются нарушением природного равновесия — возникают оползни, обвалы и т. п. Так, по данным А. А. Махорина (1985), в результате взрыва многотонного заряда в одном из районов Кыргызстана при строительстве каменно-набросной плотины на склонах образовалась зона нарушенных пород с трещинами от 0,2 до 1 м в ширину и до 200 м в длину. По ним произошли смещения горных пород объемом до 30 тыс. м<sup>3</sup>.

*Тепловое воздействие.* Повышение температуры горных пород наблюдается при подземной газификации углей, в основании доменных и мартеновских печей и др. В ряде случаев температура пород повышается до 40—50 °С, а иногда и до 100 °С и более (в основании доменных печей). В зоне подземной газификации углей при температуре 1000—1600 °С породы спекаются, «каменеют», теряют свои первоначальные свойства.

Как и другие виды воздействия, тепловой антропогенный поток влияет не только на состояние горных пород, но и на другие компоненты окружающей природной среды. Изменяются почвы, подземные воды, растительность.

*Электрическое воздействие.* Создаваемое в горных породах искусственное электрическое поле (электрифицированный транспорт, ЛЭП и др.) порождает блуждающие токи и поля. Наиболее заметно они проявляются на городских территориях, где имеется наибольшая плотность источников электроэнергии. При этом изменяются электропроводность, электросопротивляемость и другие электрические свойства пород.

Динамическое, тепловое и электрическое воздействие на горные породы создают *физическое загрязнение* окружающей природной среды.

Массивы горных пород и, в первую очередь, их поверхностные толщи, в ходе инженерно-хозяйственного освоения подвергаются мощному



антропогенному воздействию. При этом развиваются такие опасные ущербообразующие процессы, как оползни, карст, подтопление, просадочные процессы и др. Особенно легко подвержены опасным процессам массивы вечномёрзлых пород, так как они весьма чувствительны к тепловому антропогенному воздействию.

Оползни. Оползни представляют собой скольжение горных пород вниз по склону под действием собственного веса грунта и нагрузки — фильтрационной, сейсмической или вибрационной. Для оползней характерно отсутствие вращения и опрокидывания смещающихся масс. Оползни — частое явление на склонах долин рек, оврагов, берегов морей, искусственных выемок.

### 1.3.3 Воздействия на недра

*Недрами* называют верхнюю часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Экологические и некоторые другие функции недр как природного объекта достаточно многообразны. Являясь естественным фундаментом земной поверхности, недра активно влияют на окружающую природную среду. В этом заключается их главная экологическая функция.

Основное природное богатство недр — *минерально-сырьевые ресурсы*, т. е. совокупность полезных ископаемых, заключенных в них. Добыча (извлечение) полезных ископаемых с целью их переработки — главная цель пользования недрами.

Недра — источник не только минеральных ресурсов, но и огромных *энергетических запасов*. По подсчетам ученых, в среднем из недр к поверхности поступает  $32,3 \cdot 10^{12}$  Вт геотермальной энергии. В нашей стране сосредоточены огромные запасы полезных ископаемых, в том числе и геотермального тепла. Ее потребности в минеральных и других природных ресурсах могут быть полностью обеспечены за счет собственных национальных ресурсов.

Тем не менее непрерывный рост потребления минерального сырья повышает значение научно-обоснованного, эффективного использования полезных ископаемых, требует от всех организаций и граждан бережного отношения к богатству недр. Иначе говоря, необходимы рациональное использование недр и их охрана.

Важно подчеркнуть также, что в наши дни недра должны рассматриваться не только в качестве источника полезных ископаемых или резервуара для захоронения отходов, но и как часть среды обитания человека.

Экологическое состояние недр определяется, прежде всего, силой и характером воздействия на них человеческой деятельности. В современный период масштабы антропогенного воздействия на земные недра огромны. Только за один год на десятках тысяч горнодобывающих предприятий мира извлекается и перерабатывается более 150 млрд. т. горных пород, откачиваются миллиарды тонн кубических метров подземных вод, накапливаются горы отходов. Только на территории Донбасса расположено

более 2000 отвалов пустых пород, вынутых из шахт — *терриконов*, достигающих высоты 50—80 м, а в отдельных случаях и более 100 м, объемом 2—4 млн м<sup>2</sup>. Разработка недр оказывает вредное воздействие практически на все компоненты окружающей природной среды и ее качество в целом. Нет в мире другой отрасли хозяйства, которую можно было бы сравнить с горнодобывающей промышленностью по силе негативного воздействия на природные экосистемы, исключая разве что природные и техногенные катастрофы, подобные аварии на Чернобыльской АЭС.

Окружающая природная среда испытывает значительные негативные изменения и при транспортировке минерального сырья, его переработке, строительстве горнорудных предприятий, подземных сооружений и т. д.

## 2. ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

### 2.1 Основные процессы очистки промышленных выбросов от пыли

Пылеулавливающее оборудование может быть классифицировано по следующим признакам: назначению, способу очистки, методу очистки, эффективности, размеру эффективно улавливаемой пыли.

По назначению различают:

- воздушные фильтры-оборудование, используемое для очистки от взвешенных веществ в воздухе, подаваемом в помещение;
- пылеуловители-оборудование, используемое для очистки выбросов от взвешенных веществ.

Для очистки применяют различные конструкции аппаратов. По способу улавливания пыли их подразделяют на аппараты сухой, мокрой и электрической очистки газов (рис. 2.1).

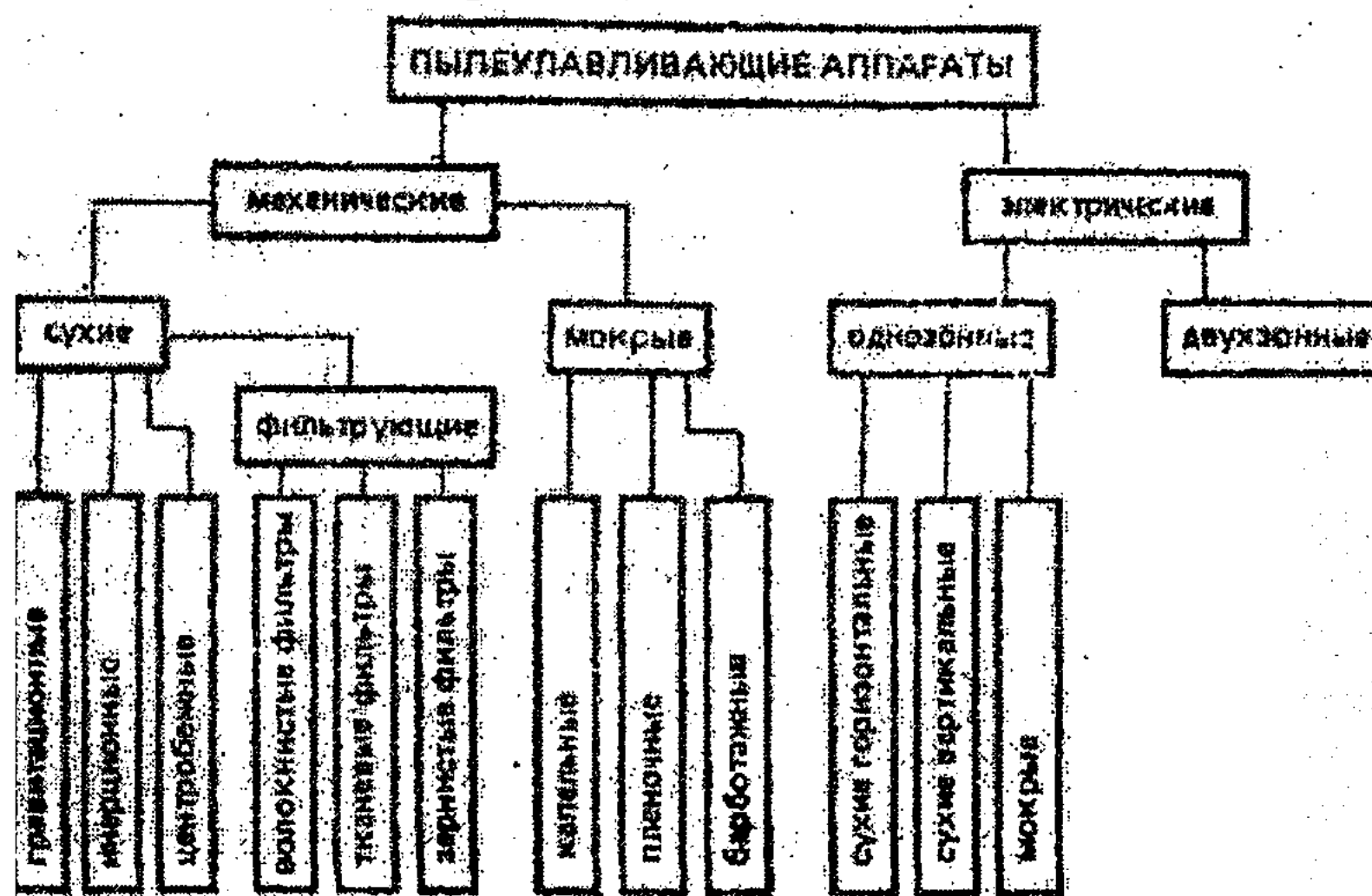


Рис.2.1 – Классификация конструкций аппаратов для пылеулавливания



Основной критерий выбора того или иного типа оборудования – степень очистки, которая зависит от свойств пыли и параметров газового потока.

Одним из основных параметров при выборе и эксплуатации пылеуловителей является объемный расход газа. Разные виды уловителей эксплуатируются при следующих значениях скорости газа (м/с): циклоны (одиночные) – 3-6, мультициклоны – 6-12, электрофильтры – 1,5-3; тканевые фильтры – 0,005-0,3; скрубберы – 1-4.

На рис. 2.2 представлена схема циклона. Ввод газового потока производится тангенциально, для закручивания потока. Частицы пыли под действием центробежной силы образуют на стенках циклона пылевой слой, который отделяется от газа при его повороте в бункере на 180°, пыль собирается в бункере, а очищенный газ вихревым потоком, покидает циклон через выходную трубу. Для очистки больших масс газов применяют батарейные циклоны.

Эффективными аппаратами для улавливания пыли, сажи и золы являются электрофильтры (рис. 2.3.). Между электродами 1 и 2 создается коронный разряд, в межэлектродном пространстве образуются электроны, очищаемый газ проходит между электродами, частицы пыли заряжаются («прилипание» электронов), основная масса пыли оседает на осадительном электроде, который периодически встряхивается и пыль собирается в бункере.

В тканевых фильтрах (рис. 2.4.) пыль задерживается на ворсистом материале (ткань из шерсти, хлопка или синтетических материалов), уложенном в секциях, разделенных вертикальными перегородками: 1 – загрязненный газ, 2 – очищенный газ, 3 – корпус, 4 – рукава, 5 – встряхивающее устройство, 6 – распределительная решетка, 7 – вывод пыли.

На рис. 2.5 представлена схема полого форсуночного скруббера (колонна круглого или прямоугольного сечения, в которой осуществляется контакт между газом и каплями жидкости): 1 – загрязненный газ, 2 – форсунки, 3 – очищенный газ, 4 – корпус, 5 – шлам.

Существенный фактор, влияющий на очистку газов, – их влажность. Тканевые фильтры из-за образования корки грязи на поверхности осаждения могут выйти из строя, нормальная работа циклонов и электрофильтров в этом случае также существенно затрудняется.

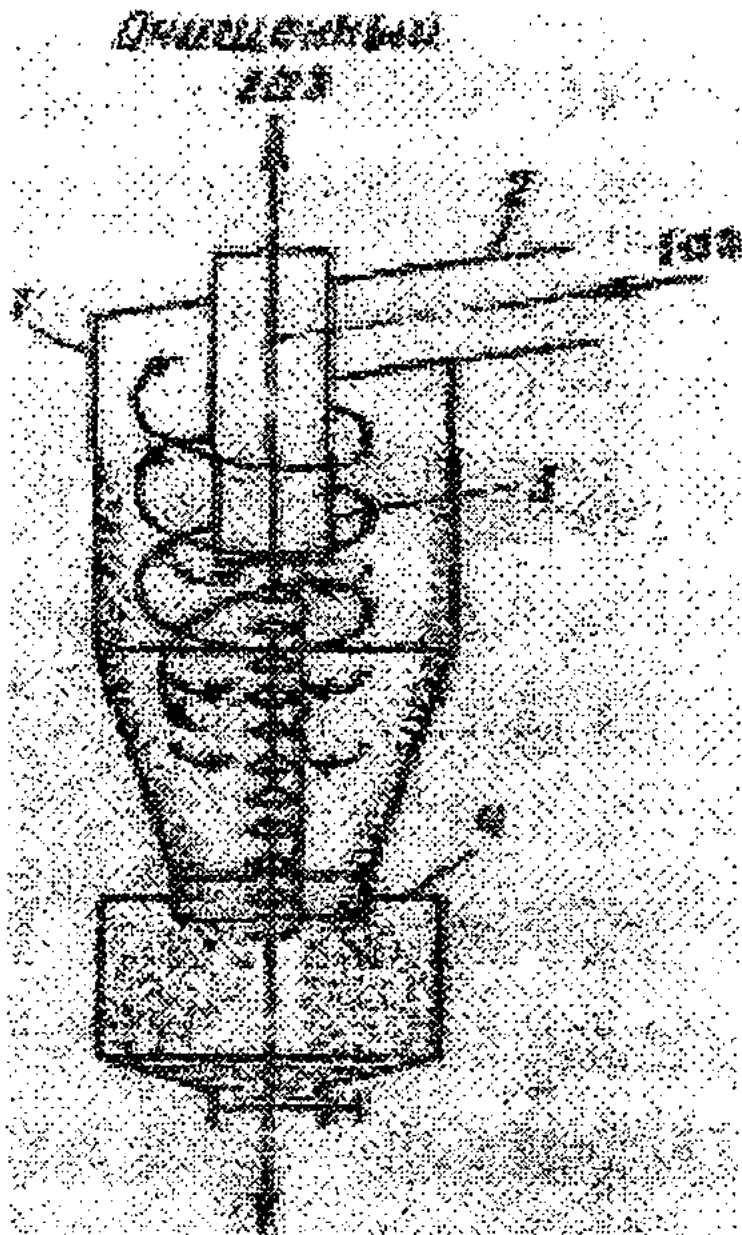


Рис. 2.2- Схема циклона

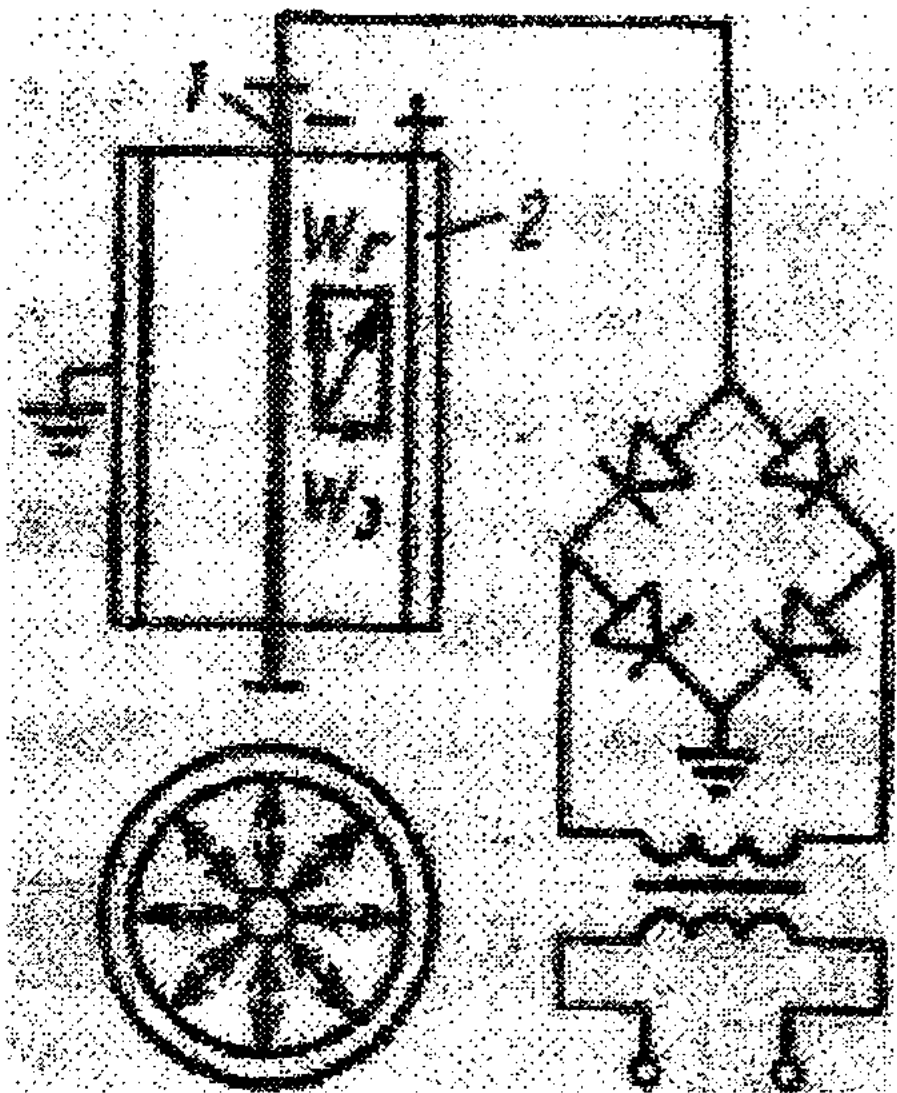


Рис. 2.3- Схема электрофилтра

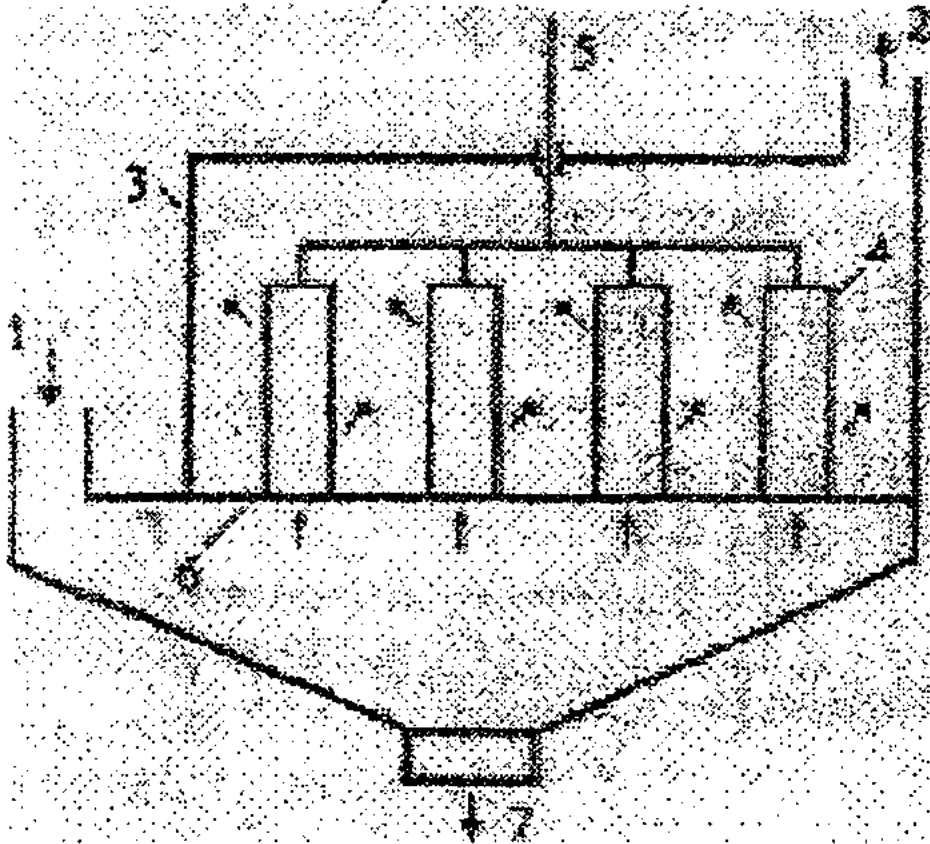


Рис. 2.4- Тканевый фильтр

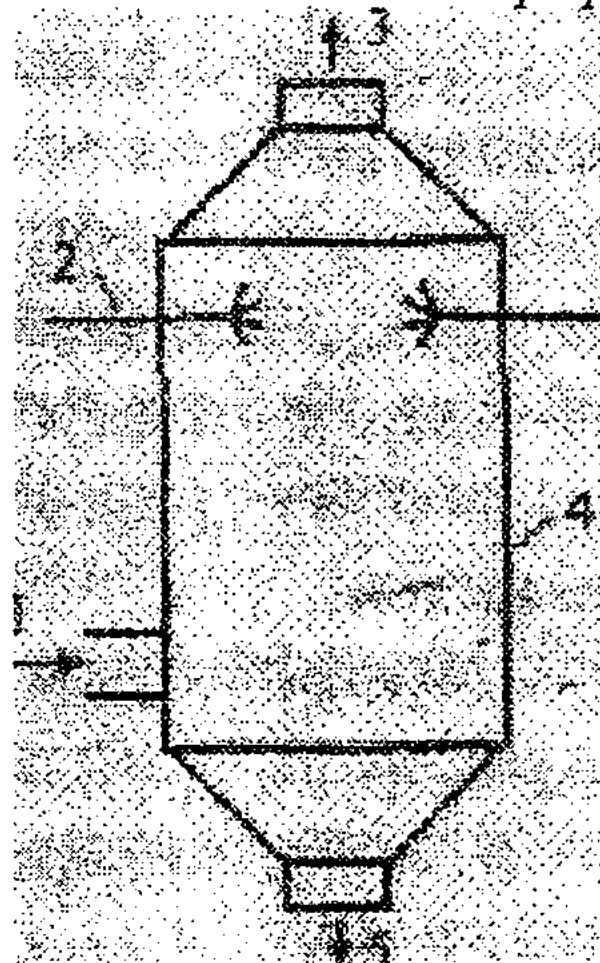


Рис. 2.5 - Схема скруббера

Циклоны из обычной стали применяют для очистки газов, имеющих температуру до  $450^{\circ}\text{C}$ . Температура газов, очищаемых в тканевых фильтрах, не должны быть больше  $350^{\circ}\text{C}$ .

Для газов, содержащих горючие и ядовитые примеси, лучше использовать аппараты мокрой очистки.

Степень очистки газов от пыли определяется по зависимости

$$\eta = (C_1 - C_2) / C_1,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – концентрации пыли в газе до очистки и после очистки.

Требуемая степень очистки, пылевая нагрузка  $G_{вх}$  и ПДВ (предельно допустимый выброс) связаны следующей формулой:

$$\eta = 1 - \text{ПДВ} / C_{вх}$$

Тканевые фильтры и электрофильтры весьма чувствительны к колебаниям пылевой нагрузки.

Для улавливания пыли, содержащей неорганические вещества (абразивные вещества, минеральные соли, аэрозоли металлов) применяют механические пылеуловители, мокрые пылеуловители, фильтры, электрофильтры. При этом частицы размером более 5 мкм улавливаются в циклонах, а для улавливания частиц меньших размеров используют тканевые фильтры и электрофильтры, а также аппараты мокрой очистки.

Для пыли, содержащей органические компоненты (древесная пыль, табачная, мучная и др.) употребляют механические пылеуловители.

## 2.2 Очистка выбросов от газообразных загрязняющих веществ

В настоящее время очистка газов от загрязнений служит наиболее эффективным методом обезвреживания отходящих газов. Существует большое разнообразие методов очистки, которые классифицируют по разным признакам. Все методы можно разделить на две группы – некаталитические и каталитические. В первой группе примеси выводятся из газовой смеси путем конденсации или поглощения жидкими и твердыми поглотителями, во второй примеси не выделяются из системы, а превращаются в другие вещества, которые остаются в газовой смеси или затем удаляются.

### *Некаталитические методы*

Некаталитические методы очистки по типу процесса делятся на абсорбционные, хемосорбционные и адсорбционные, а по характеру процесса – на регенерационные (циклические) и нерегенерационные. *Хемосорбционные методы* подразделяют по типу хемосорбента и по типу получаемого продукта.

Выбор метода очистки зависит от концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объема и температуры газа, наличия в газе других примесей, от требуемой степени очистки и возможности использования продуктов рекуперации.

Метод выбирают на основе эколого-экономических и технико-экономических расчетов.

Хемосорбционные методы широко применяют для очистки газов от  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_v\text{O}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}_2$ . Сущность методов заключается в поглощении удаляемых компонентов жидкими поглотителями – хемосорбентами, в качестве которых используют растворы минеральных и органических веществ, суспензии и органические жидкости. В процессе хемосорбционной



очистки выделяемые из газов компоненты вступают в химические реакции с хемосорбентами, при этом образуются новые вещества, регенерирующиеся и возвращающиеся вновь на абсорбцию.

Важнейшим вопросом проектирования абсорбционных систем является выбор абсорбента.

Требования к абсорбентам:

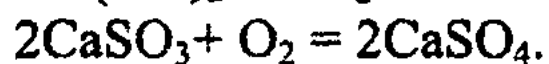
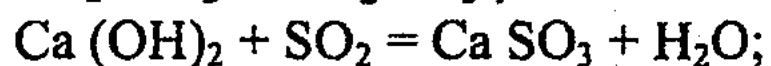
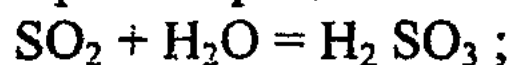
- возможно большая абсорбционная емкость;
- высокая селективность;
- невысокое давление насыщенных паров;
- легкость регенерации;
- термохимическая устойчивость;
- невысокая коррозионная активность;
- небольшая вязкость;
- доступность;
- низкая стоимость.

Естественно, что абсорбенты, отвечающие в полной мере всем этим требованиям, отсутствуют. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо подбирать абсорбент, максимально соответствующий определенным требованиям.

Из большинства разработанных хемосорбционных методов очистки газов от диоксида серы чаще всего применяется абсорбция водой, водными растворами и суспензиями щелочных и щелочно-земельных металлов.

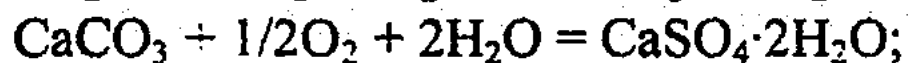
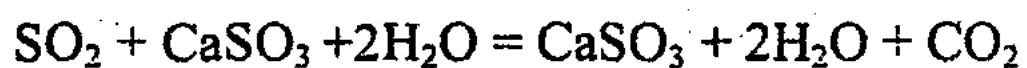
Очистка газов от диоксида серы ведется преимущественно хемосорбционными методами на основе извести или известняка. Достоинства этих методов – доступность и дешевизна абсорбентов, простая технологическая схема процесса, низкие капитальные и эксплуатационные затраты. Недостатки метода: невысокая эффективность очистки, недостаточная степень использования известняка, образование отходов в виде шлама или загрязненного гипса.

При абсорбции известковым молоком процесс протекает по реакциям:



Для уменьшения отложений  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{CaSO}_3$  pH суспензии должен быть не менее 5.

При использовании суспензии известняка суммарные реакции имеют вид:



Кроме известняка, абсорбцию  $\text{SO}_2$  проводят сульфитом натрия, магниальным, фосфатным и другими методами.

Для хемосорбционной очистки газов от оксидов азота применяют растворы едкого натра, кальцинированной соды, едкого калия, извести, аммиака и др.

Оксид углерода улавливают из газов аммиачными растворами муравьинокислой и уголекислой меди.

Процесс абсорбции газов проводят в пленочных, насадочных, тарельчатых, форсирующих и других аппаратах. При этом абсорберы должны иметь высокую пропускную способность по газу, высокую эффективность, низкое гидравлическое сопротивление, простоту конструкции и удобство эксплуатации; аппаратура не должна забиваться осадками и корродировать.

В абсорберах для очистки применяют жидкие вещества, воду, растворы солей, поглощающие газообразные примеси (рис. 2.6).

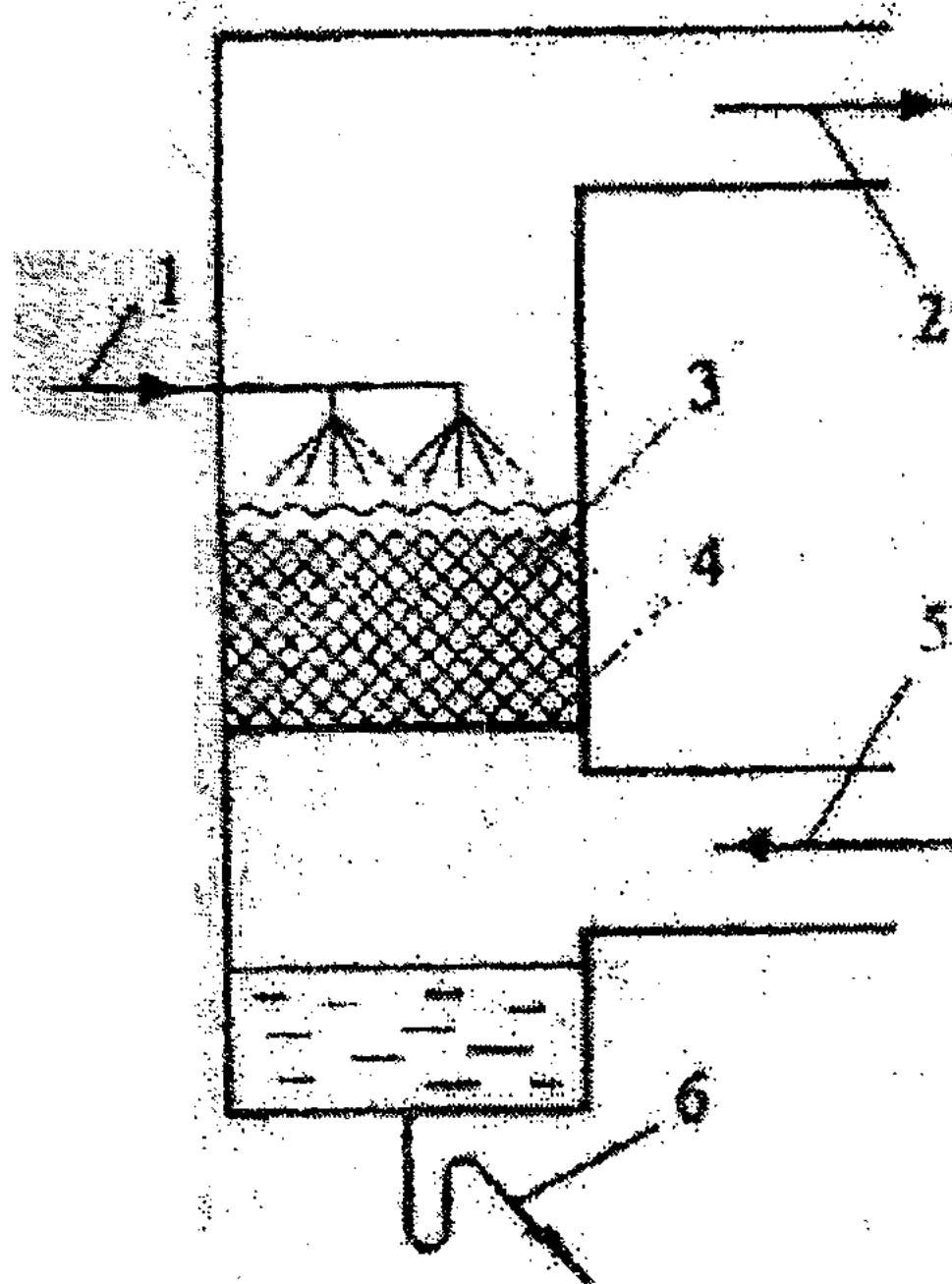


Рис. 2.6 - Схема абсорбера: 1 – абсорбент, 2 – очищенный поток, 3 – насадка, 4 – сетка, 5 – загрязненный поток, 6 – выброс в канализацию

#### *Адсорбционные методы*

Адсорбенты, используемые в процессах очистки отходящих газов, должны удовлетворять следующим требованиям:

-иметь большую адсорбционную способность при поглощении компонентов при небольших концентрациях их в газовых смесях;

- обладать высокой селективностью;
- иметь высокую механическую прочность;
- обладать способностью к регенерации;
- иметь низкую стоимость.

При адсорбционных методах газы поглощаются твердыми пористыми веществами. Адсорбция рекомендуется для очистки газов с невысокой концентрацией вредных компонентов. Адсорбированные вещества удаляются из адсорбентов десорбцией инертным газом или паром. В некоторых случаях проводят термическую регенерацию. Достоинства процесса – высокая степень очистки; при этом газы в процессе очистки не охлаждаются и жидкости отсутствуют. Кроме того, отпадает необходимость в насосах и затрате энергии на перекачку жидкости. Недостатки – для очистки пригодны только сухие и незапыленные газы, имеющие небольшую скорость движения адсорбента. Адсорбционную очистку газов проводят в адсорберах с неподвижным, движущимся и псевдоожиженным слоем сорбента в установках периодического и непрерывного действия. Наиболее часто этот метод применяют при рекуперации органических растворителей.

Основная задача адсорберов-обеспечить интенсивный контакт очищаемого газа с адсорбентом. В зависимости от состояния адсорбента различают три группы адсорберов.

*Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента.* Адсорберы с неподвижным слоем представляют собой цилиндрические вертикальные или горизонтальные емкости, заполненные слоем адсорбента. Адсорбент располагают на решетках, а подачу газа осуществляют сверху вниз. При необходимости адсорбент располагают несколькими слоями на полках (рис. 2.7). Чтобы обеспечить непрерывность процесса, необходимо устанавливать несколько адсорбционных аппаратов, каждый из которых периодически работает в режиме I адсорбции или регенерации.

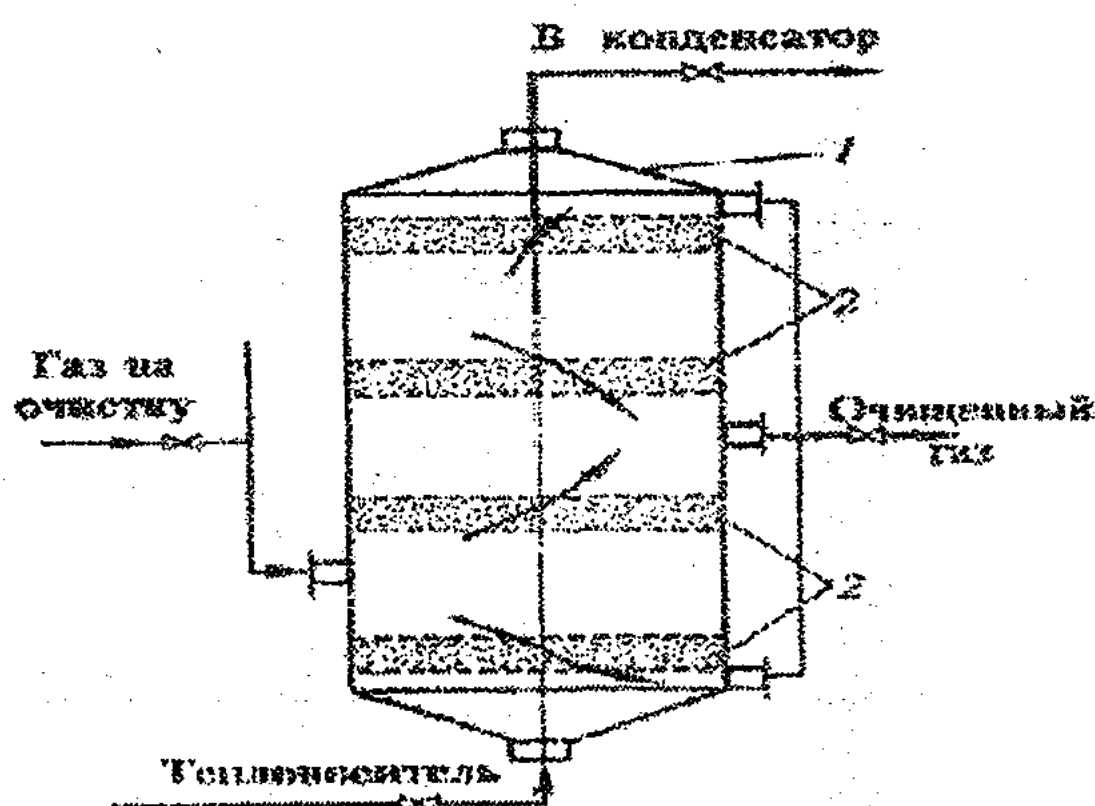


Рис. 2.7 -Многополочный адсорбер периодического действия:  
1-корпус; 2- слой адсорбента



Возможна работа по двух-или четырехстадийному циклу. При четырехстадийном цикле работы осуществляется по следующим стадиям:

1) адсорбция;

2) десорбция — прекращают подачу парогазовой смеси и подают теплоноситель (пар) в результате нагрева происходит десорбция поглощенных компонентов, которые вместе с паром удаляются из аппарата разделения;

3) сушка адсорбента — прекращается подача пара и вместо него подается горячий воздух;

4) охлаждение адсорбента — вместо горячего подается холодный воздух.

При двухстадийном режиме процессы сушки и охлаждения осуществляются одновременно с процессом адсорбции. Процессы конденсации и рекуперации улавливаемых продуктов проводят в выносных аппаратах.

Предложены конструкции, в которых стадии адсорбции и десорбции совмещены в одном корпусе.

*Адсорберы с движущимся слоем адсорбента.* Адсорберы этого класса лишены недостатков адсорберов с неподвижным слоем, в них возможно обеспечение непрерывности процесса, более полно используется адсорбционная емкость адсорбента, в одном аппарате может быть совмещено несколько стадий, за счет чего уменьшается занимаемая площадь. Кроме того, у него меньше гидравлическое сопротивление и он более прост в управлении и автоматизации. К недостаткам можно отнести истирание адсорбентов и необходимость строгого соблюдения гидродинамических характеристик процесса при эксплуатации установок.

На рис. 2.8 представлены два вида аппаратов с движущимся слоем, когда в одном аппарате может быть совмещено несколько стадий (рис. 2.8, а) и когда регенерация осуществляется за пределами аппарата.

Адсорберы с движущимся слоем адсорбента, в котором совмещаются стадии в одном корпусе, являются одними из наиболее перспективных.

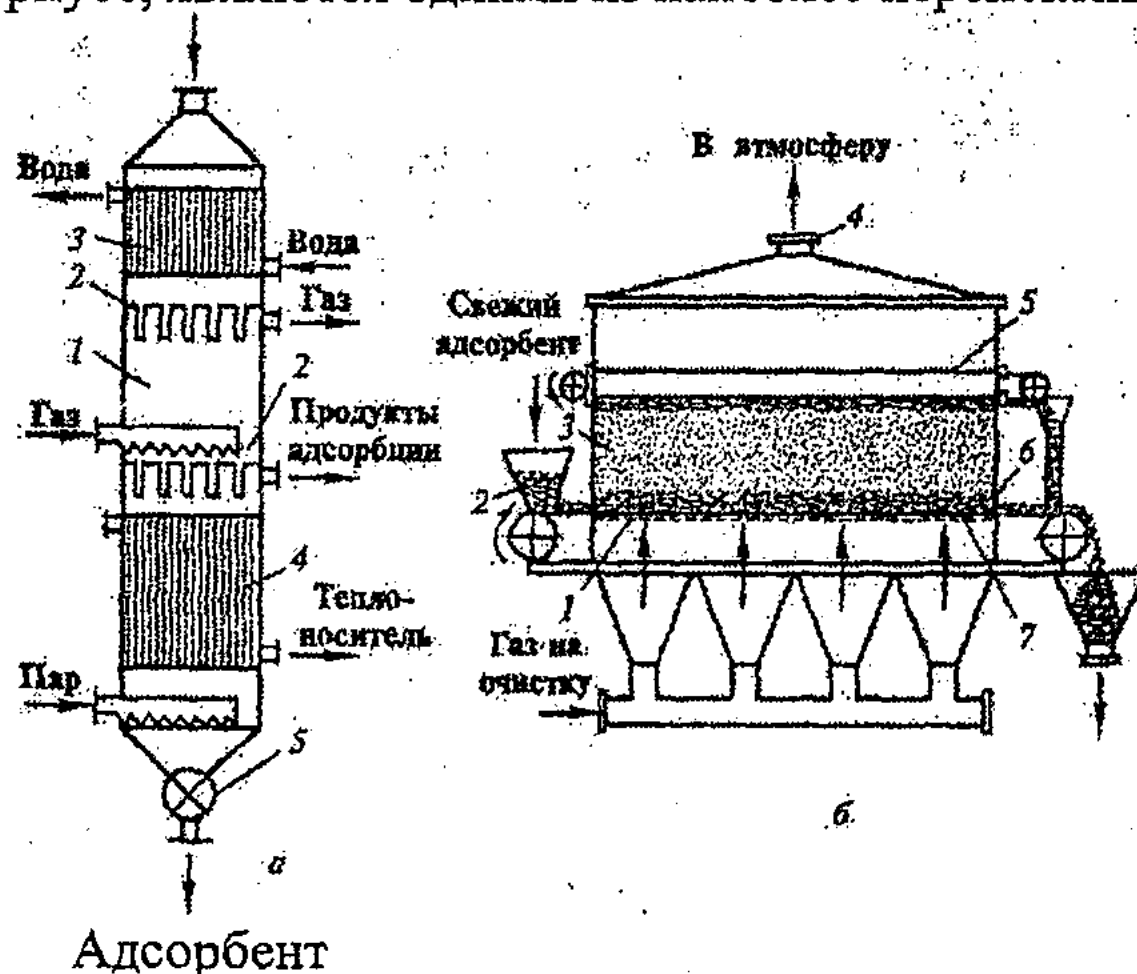


Рис. 2.8- Адсорбер с движущимся слоем адсорбента:

*а* — с совмещением стадий в одном корпусе: 1 — зона адсорбции; 2 — распределительные тарелки, 3 — холодильник; 4 — подогреватель; 5 — затвор; *б* — с регенерацией за пределами корпуса: 1 — газораспределительная решетка; 2 — бункер; 3 — корпус; 4 — штуцер; 5 — ленточный фильтр; 6 — затвор, 7 — адсорбент

*Адсорберы с кипящим слоем адсорбента.* Для интенсификации работы адсорберов возможно использование кипящего (взвешенного) слоя, когда размеры частиц меньше, чем в неподвижном слое. Это позволяет увеличивать ПДФ, уменьшать сопротивление и увеличивать допустимую скорость газа. Аппараты с кипящим слоем могут быть как периодического, так и непрерывного действия.

Формирование оптимальных гидродинамических условий зависит от многих факторов: скорости газового потока, размера и плотности адсорбента, формы аппарата, диаметра и высоты кипящего слоя, способа подачи твердой фазы, конструкции газораспределительных решеток и т. д. Стабильный кипящий слой достигается в том случае, когда высота кипящего слоя примерно равна диаметру.

На рис.2.9. представлены конструкции адсорберов с кипящим слоем.

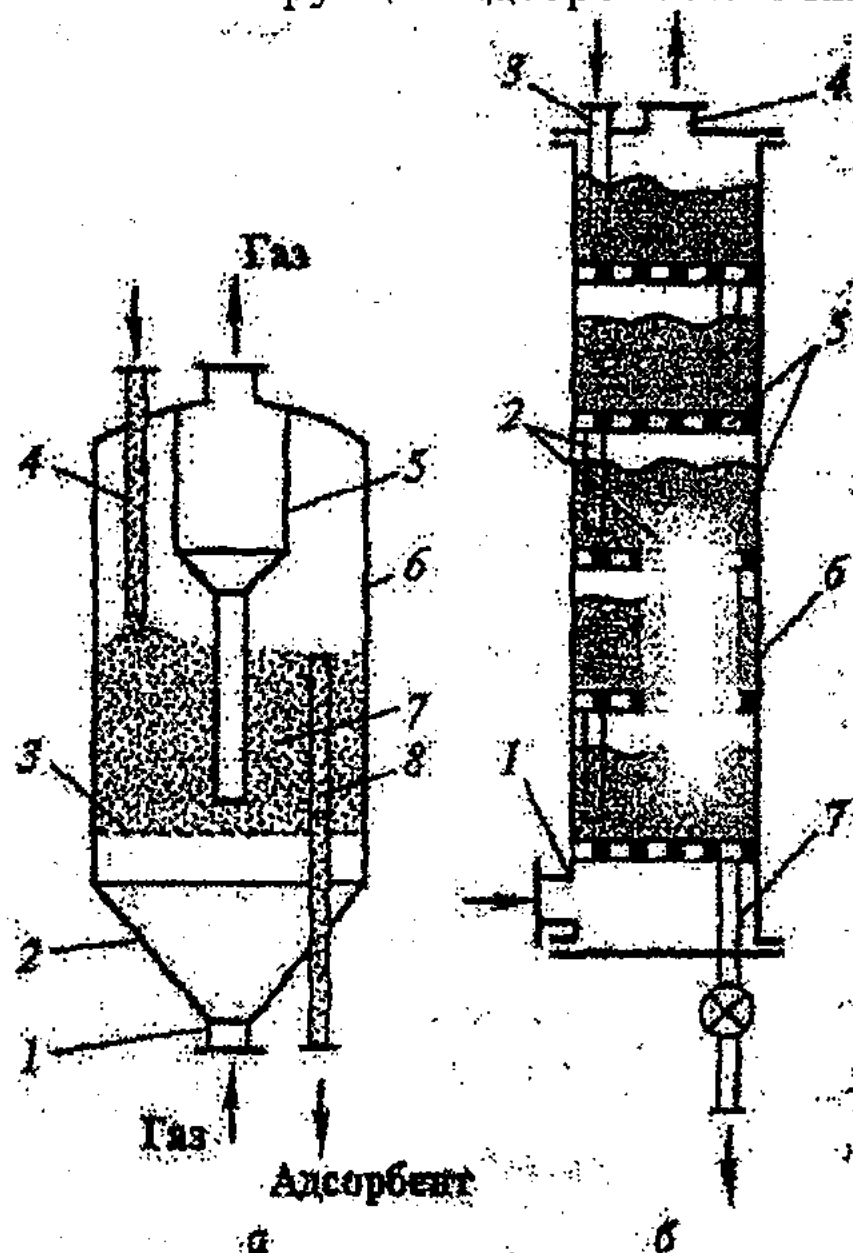


Рис. 2.9-Адсорберы с кипящим слоем: *а* — однокамерный адсорбер: 1 — нижний штуцер; 2 — конусное днище; 3 — решетка; 4 — патрубок для ввода адсорбента; 5 — циклонное устройство; 6 — цилиндр; 7 — адсорбент; 8 — патрубок для вывода адсорбента; *б* — многокамерный адсорбер: 1 — штуцер; 2 — переточные трубки; 3 — входная труба; 4 — штуцер выходной; 5 — перфорированные тарелки; 6 — корпус; 7 — выходная труба