

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВОГО ШЛАМА

М.В. Начева, младший научный сотрудник,  
mari.nacheva@mail.ru  
ФГБНУ «Институт природно-технических систем»

Представлены результаты исследования качественного состава газовой смеси, образующейся при термообработке бурового шлама шельфа Черного моря. Определены основные газы, приводящие к загрязнению атмосферного воздуха при данном процессе. Проанализированы существующие современные методы и способы защиты атмосферного воздуха от выбросов. На основании их сравнительного анализа выбрана оптимальная система защиты воздуха для установки по термической утилизации бурового шлама.

*термическая утилизация, буровой шлам, газообразные выбросы, атмосферный воздух, экология, парниковые газы*

Защита воздушного бассейна является одной из наиболее актуальных проблем охраны окружающей среды. Охрана атмосферы от загрязнений промышленными и транспортными выбросами является важнейшей социальной задачей, входящей в комплекс задач глобальной проблемы охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Загрязнение воздуха вредными веществами наносит значительный материальный ущерб народному хозяйству и приводит к увеличению заболеваемости населения. К наиболее характерным газообразным загрязнителям атмосферного воздуха можно отнести: диоксид серы ( $SO_2$ ), оксид углерода (CO), оксиды и диоксиды азота (NO,  $NO_2$ ), углеводороды (пары бензина, метан и др.), соединения тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия и др.), углекислый газ ( $CO_2$ ) [1, 2].

Во избежание таких негативных последствий необходимо производить оценку возможных газообразных загрязнителей атмосферного воздуха при любом технологическом процессе, связанном с образованием отходящих газов. Утилизация отходов термическим способом и является таким процессом, в ходе которого при решении одной экологической проблемы – накопления, складирования отходов, может возникнуть другая – загрязнение атмосферного воздуха отходящими газами, и чтобы этого избежать, необходимо подбирать оптимальную систему защиты на основании исследования качественного состава образующейся газовой смеси.

По литературным данным [3], был проведен критический анализ используемых в настоящее время подходов к утилизации буровых шламов с целью поиска наиболее оптимального варианта для обеспечения экологической безопасности добычи углеводородного сырья на Российском шельфе Черного моря. Было показано, что для Черноморского региона, учитывая его расположение и климатические особенности, оптимальной является термическая утилизация бурового шлама непосредственно на буровой платформе. Такой подход поможет избежать аварийных ситуаций при транспортировке отходов и защитит морскую среду от загрязнения. Утилизация термическим способом даст оптимальные экологические результаты при меньших экономических затратах [3]. Процесс термической утилизации бурового шлама, ввиду его сложного химического состава (табл. 1), сопряжен с образованием газовой смеси, компоненты которой могут привести к загрязнению атмосферного воздуха. С целью определения качественного состава отходящих газов был проведен эксперимент по термообработке бурового шлама при оптимальной температуре, определенной ранее в работе [4],  $800^\circ C$ .

Таблица 1 – Основные компоненты бурового шлама

№ п/п	Название (тип) компонентов бурового шлама	ГОСТ, ОСТ, МУ и т. п. на изготовление	Потребность компонентов бурового шлама, т	
			на одну скважину	на 200 скважин
1	Бентонит	ОСТ 39-202-86	54,6	10920
2	Сульфанол	ТУ 39-094-75	25,76	5152
3	Лигносульфонат	ТУ 39-01-08-348-78	40,78	8156
4	Каустическая сода	ГОСТ 2263-79	4,08	816
5	Графит	ГОСТ 8295-73	10,5	2100
6	Кальцинированная сода	ГОСТ 5100-85	1,9	380
7	Диаммофос	-	5,34	1068
8	Дисолван	Импорт. (ФРГ)	1,19	238
9	Стеариновая кислота	Импорт. (ФРГ)	0,72	144
10	Карбонат кальция	ГОСТ 8296-75	150	30000
		ИТОГО	294,87	58974

При проведении экспериментальной части для анализа был взят образец бурового шлама с шельфа Черного моря, который изучался при нагревании в муфельной печи с термопарой с помощью универсального газоанализатора. Эксперимент проводился следующим образом. Образец бурового шлама был помещен в камеру муфельной печи и нагрет до заданной температуры 800°С. В процессе нагрева отбирались и анализировались пробы газа. Таким образом, при температуре 800°С качественный состав газовой смеси представлен следующими компонентами: угарный газ (СО) и углекислый газ в соотношении 1:8, пары воды в малом количестве, а также в небольших объемах этилен, водород и метан практически в равных пропорциях. Состав образовавшейся газовой смеси с соблюдением полученных пропорций представлен на рисунке.

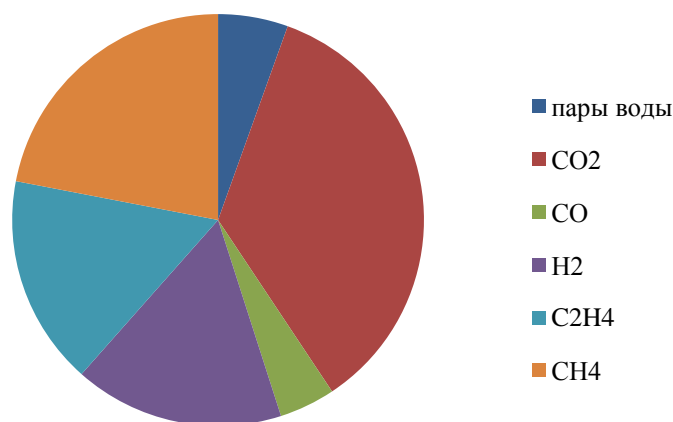


Рисунок – Состав газовой смеси при t=800°С

Следует отметить, что в обеих пробах сернистых соединений, таких как SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, обнаружено не было. Это объясняется тем, что проба была взята с газового месторождения, где примеси нефти незначительны и их концентрации существенно меньше концентраций тех компонентов, которые были описаны выше. На данном этапе проведения эксперимента главной задачей было определение качественного состава образующейся газовой смеси, поэтому количественный состав был представлен условно в относительных величинах. Проведенный эксперимент показал наличие в пробе угарного газа (СО), который является индикатором неполного сгорания вещества, содержащего углерод, при недостаточном доступе кислорода. Для устранения этого негативного момента необходимо, чтобы процесс термообработки бурового шлама сопровождался дополнительным поддувом воздуха или технического кислорода. Это обеспечит полное окисление оксида углерода до диоксида углерода, а этилена до углекислого газа и воды. Таким образом, основными газами, для которых необхо-

димо выбрать оптимальную систему защиты атмосферного воздуха, являются углекислый газ и метан, поскольку данные газы являются парниковыми и приводят к такому негативному экологическому явлению, как «парниковый эффект» [5].

Существующие методы очистки промышленных выбросов от газообразных примесей по характеру протекания физико-химических процессов делятся на четыре группы: промывка выбросов растворителями примеси (метод абсорбции); промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (метод хемосорбции); поглощение газообразных примесей твердыми активными веществами (метод адсорбции); поглощение примесей путем применения каталитического превращения (каталитическая очистка) [6-8].

Метод абсорбции. Этот метод заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов этой смеси поглотителем (называемых абсорбентом) с образованием раствора. Поглощающую жидкость (абсорбент) выбирают в зависимости от растворимости в ней поглощаемого газа, температуры и парциального давления газа над жидкостью [9-11].

Метод хемосорбции. Основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений [12]. Методы абсорбции и хемосорбции, применяемые для очистки промышленных выбросов, называются мокрыми методами. Преимущество абсорбционных методов заключается в возможности очистки большого количества газов и осуществления непрерывных технических процессов. Основной недостаток мокрых методов состоит в том, что перед очисткой и после ее осуществления сильно понижается температура газов, что приводит в конечном итоге к снижению эффективности рассеивания остаточных газов в атмосфере.

Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической пористостью селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой смеси. Наиболее широко в качестве адсорбента используется активированный уголь. Он применяется для очистки газов от органических паров, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в промышленных выбросах, а также летучих растворителей и целого ряда других газов. В качестве адсорбентов применяются также простые и комплексные оксиды (активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолиты или молекулярные сита), которые обладают большей селективной способностью, чем активированные угли. Однако они не могут использоваться для очистки очень влажных газов. Конструктивно адсорбенты выполняются в виде вертикальных, горизонтальных либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа [13].

Каталитический метод. Этим методом превращают токсичные компоненты промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные для окружающей среды путем введения в систему дополнительных веществ, называемых катализаторами. Каталитические методы основаны на взаимодействии удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищаемом газе, или со специально добавленным в смесь веществом на твердых катализаторах. [14, 15]. Эти методы в настоящее время считаются наиболее эффективными по очистке газовых выбросов в атмосферу от вредных веществ. Кроме того, применение данного метода предпочтительно и с экономической точки зрения. Каталитическая очистка газов заключается в обезвреживании газовых выбросов путем химического превращения вредных веществ, содержащихся в газе, в присутствии катализатора. Суть каталитического процесса очистки газовых выбросов заключается в том, что газовый поток пропускают через слой катализатора, соблюдая технологические условия эффективного превращения (температуру, расход газа). В основе этого процесса лежат окислительно-восстановительные реакции разложения токсичных примесей до безвредных. К катализаторам предъявляются следующие требования: избирательность, высокая активность, большая теплопроводность, термостабильность, высокая механическая прочность. Как правило, в качестве катализатора используют один или несколько металлов: Cu, Co, Ni, Mn, Fe, Cr, Sn, V, Au, Pt и W. Применяются катализаторы, содержащие металлы платиновой группы. Они по сравнению с другими

катализаторами отличаются большими значениями термостабильности, периодом эксплуатации более одного года, высокими прочностными и износостойкими характеристиками. Применение каталитического способа очистки на первом этапе требует относительно высоких затрат, но при этом имеет больше преимуществ в сравнении с другими способами: более мягкие условия эксплуатации оборудования, рабочая температура процесса ниже, чем при термическом дожигании, возможность регенерации катализатора и его переработки с целью извлечения драгоценных металлов. Проведенные исследования очистки отходящих газов от вредных загрязняющих веществ показали, что каталитический метод позволяет снизить концентрацию загрязняющих веществ на 90 % [14]. Поэтому для нейтрализации метана и диоксида углерода, образующихся при утилизации бурового шлама, оптимальным будет применение каталитического окисления, в качестве катализатора можно использовать шариковый платиновый катализатор ШПК-1, характеристики которого представлены в табл. 2. Этот катализатор обладает оптимальными техническими характеристиками, работает в диапазоне выбранной температуры утилизации черноморского бурового шлама в 800°C. Срок службы катализатора два года, по истечении которых его можно регенерировать.

Таблица 2 – Технические характеристики катализатора ШПК-1 ТУ 6-09-5531-85

Область применения	Очистка отработанных газов в системах нейтрализации двигателей внутреннего сгорания и газовых выбросов промышленных предприятий от оксидов азота, углерода и углеводородов. Очистка инертных газов от кислорода
Внешний вид	Гранулы сферической формы
Носитель	g-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Массовая доля платины, %	0,1
Диаметр, мм	3,5–5,0
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	0,77–1,0
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	90–150
Потери массы при истирании, % мас.	5

Таким образом, проанализировав преимущества и недостатки существующих методов очистки промышленных выбросов от газообразных примесей, следует отметить, что для защиты атмосферного воздуха от выбросов «парниковых газов» метана и диоксида углерода, образующихся при утилизации черноморского бурового шлама, оптимальным будет применение каталитических методов. Наиболее приемлемым при этом является метод каталитического окисления на основе шарикового платинового катализатора ШПК-1, обладающего оптимальными техническими и эксплуатационными характеристиками для технологического процесса утилизации бурового шлама.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горелин, Д. О. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов / Д.О. Горелин, Л. А. Конопелько. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 432 с.
2. Пинигин, М.А. Охрана атмосферного воздуха / М.А. Пинигин. – Москва, 1989. – 364 с.
3. Начева, М.В. Анализ современных методов утилизации бурового шлама / М.В. Начева, Е.Н. Воскресенская // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России» - журнал Министерства природных ресурсов и экологии в рубрике «Охрана окружающей среды». – №4(152). – Москва, 2017. – С. 81-93.

4. Жуковская (Начева), М.В. Выбор оптимального температурного режима утилизации бурового шлама / М.В. Жуковская (Начева) // Вісник СевНТУ. Сер. Механіка, енергетика, екологія: сб. научн. тр. – Севастополь, 2011. – Вып. 119. – С.164-168.

5. Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases: Scientific Understanding, Control and Implementation (ed. J. van Ham, Springer 2000, ISBN 9780792361992): 4. Impact of methane on climate, page 30 «On a molar basis, an additional mole of methane in the current atmosphere is about 24 times more effective at absorbing infrared radiation and affecting climate than an additional mole of carbon dioxide (WMO, 1999)».

6. Очистка промышленных газов от газообразных выбросов и дисперсных примесей / Е.В. Сугак [и др.] // Химия растительного сырья. – 1998, №3. – С. 21-34.

7. Буренин, В. В. Защита атмосферного воздуха от производственной пыли, токсичных паров и газов / В.В. Буренин // Экология и промышленность России. – 2004. – №9. – С. 25-29.

8. Страус, В. М. Промышленная очистка газов / В. М. Страус. – Москва: Химия, 1981. – 616 с.

9. В.М. Рамм. «Абсорбция газов» / В.М. Рамм. – Москва: Химия, 1976.

10. Расчет тарельчатых абсорбционных колонн / под ред. В. А. Иванова. – Москва, 1985.

11. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – Москва: Химия, 1991.

12. Лещинский, А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лещинский, А. Р. Толчинский. – Москва, 1968.

13. Техника и технология защиты воздушной среды: учеб. пособие для вузов / В. В. Юшин [и др.]. - Москва: Высшая школа, 2005. –391 с.

14. Пимнева, Л.А. Использование каталитической очистки для подавления газовых выбросов Уренгойского НГКМ / Л.А. Пимнева, А.А. Загорская, А.Н. Иванько // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5-2. – С. 279-283.

15. Мухленов, И. П. Технология катализаторов / И.П. Мухленов. – Москва: Химия, 1987. – 267 с.

## SELECTING THE OPTIMAL SYSTEM OF PROTECTION ATMOSPHERIC AIR FROM GASEOUS EMISSIONS AT THERMAL UTILIZATIONS OF DRILL CUTTINGS

M.V. Nacheva, Junior Research,  
mari.nacheva@mail.ru  
Institute of Natural and Technical Systems

The article presents the results of a study of the qualitative composition of a gas-air mixture formed during the heat treatment of drill cuttings from the Black Sea shelf. The main gases that lead to air pollution during this process are determined. The existing modern methods and methods of protecting atmospheric air from emissions have been analyzed. Based on their comparative analysis, the optimal air protection system for the disposal thermal of drill cuttings unit was chosen.

*thermal utilization, drill cuttings, gaseous emissions, atmospheric air, ecology, greenhouse gases*