

УДК 622.271:622.822

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ СЕРНЫМИ ОТХОДАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Е.Х. Аязбаев

Ш.К. Альмухамбетова

Доктор техн. наук Т.К. Ахмеджанов

Предложено уравнение для описания выделения газов из окисляющихся объемов комовой серы с начальными и граничными условиями. Решение уравнения позволяет определять термодинамическое состояние окисляющегося объема твердых серных отходов производства нефти. Даны рекомендации по оценке эффективности растворов-ингибиторов.

Интенсивная разработка нефтяных месторождений в Казахстане резко увеличила нагрузку на биосферу нефтедобывающих регионов республики. При этом особое место занимают ядовитые газообразные вещества сероводород, сернистый ангидрид и твердые отходы в виде комовой серы. Следует отметить, что газообразные серные соединения выделяются как в процессе добычи нефти и газа, так и при хранении твердых серных отходов. Твердые серные отходы в виде комовой серы содержат различные минералы, в том числе и сульфиды. При длительном хранении таких отходов в них наблюдаются окислительные процессы, сопровождающиеся повышением температуры и выделением сернистого газа.

Выделение тепла от окисления серы и сульфидов с повышением температуры и выделением газов из окисляющихся объемов комовой серы, можно описать неоднородным уравнением теплопроводности вида

$$(1 - \Pi) C \gamma \frac{\partial T}{\partial \tau} = (1 - \Pi) \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + f_1 - f_2, \quad (1)$$

где C – удельная теплоемкость твердого серного отхода, Дж/(кг·К); γ – плотность серного отхода в объеме, кг/м³; λ – теплопроводность отхода, Вт/(м·К); Π – пористость окисляющегося объема; f_1 и f_2 – функции плотности источников выделения и поглощения тепла, Дж/(м³·с).

Функцию f_1 можно представить как

$$f_1 = (1 - \Pi) C_k q S_0 U(t) [1 + e^{K_0 T_2} - e^{\delta \tau}], \quad (2)$$

где C_k – концентрация кислорода в воздухе, доли ед.; q – удельная теплота окисления серного отхода, Дж/м³; S_0 – площадь поверхности взаимодействия кислорода воздуха с серным отходом; $U(t)$ – скорость сорбции кислорода серным отходом, м³/(м²·с); K_0 – коэффициент трещинообразования в объеме твердых серных отходов с ростом температуры, 1/К; T_2 – температура трещинообразования в объеме отхода, К; δ – коэффициент уменьшения поверхности окисления со временем, 1/с.

При окислении твердых серных отходов с поверхности S_0 будет происходить конвективный теплообмен с фильтрующимся воздухом, а также теплоотдача за счет испарения влаги. Если температура воздуха меньше температуры серного отхода, то функцию f_2 можно представить как

$$f_2 = \alpha_v (T - T_0) + C_a \rho_a v_a \psi(T_a) \nabla T_a, \quad (3)$$

где α_v – коэффициент объемной теплоотдачи, Вт/(м³·К); T_0 – температура воздуха, °С; C_a – теплоемкость движущегося воздуха, Дж/(кг·К); ρ_a – плотность воздуха, кг/м³; v_a – скорость движения воздуха, м/с; $\psi(T_a)$ – вспомогательная безразмерная функция.

Величина α_v может быть вычислена по формуле

$$\alpha_v = 0,015 \frac{(1 - \Pi) \lambda_a}{d_{cp}^{1,13}} \cdot \left(\frac{v_a}{\Pi v_a} \right)^{0,87}, \quad (4)$$

где d_{cp} – средний диаметр куска серного отхода в объем, м; v_a – кинематическая вязкость воздуха = $1,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с;

Для решения уравнения (1) с функциями источников выделения (1) и поглощения (2) тепла необходимо задать начальные и граничные условия, которые имеют вид:

начальное условие

$$T|_{\tau=0} = T_0, (x, y, z > 0); \quad (5)$$

граничные условия

$$\left. \begin{aligned} \lambda \frac{\partial T}{\partial (x, y, z)} \pm \alpha_i (T - T_0) |_{x, y, z=0} \\ T|_{x=B} = T|_{y=L} = T_B \end{aligned} \right\} (\tau > 0) \quad (6)$$

условия сопряжения

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=H} = \lambda_{\Pi} \frac{\partial T_{\Pi}}{\partial z}. \quad (7)$$

T_0 – начальная температура серных отходов, К; α_1 – коэффициент поверхностной теплоотдачи, Вт/м²·К; B, L, H – размеры склада твердых серных отходов, м; λ_{Π} – коэффициент теплопроводности почвы склада отходов, Вт/(м·К).

Решение математической модели (1), (5) - (7) позволяет определить термодинамическое состояние окисляющегося объема твердых серных отходов в любой момент времени и в любой точке объема. Эта необходимо для оценки возможности выделения газов в окружающую среду.

Экспериментальные исследования показывают, что удельное выделение газов из отходов с ростом температуры носит не линейный характер и может быть описано как

$$q_{SO_2} = Ae^{BT}, \text{ мг/(м}^2 \cdot \text{с)}, \quad (8)$$

где A и B – постоянные коэффициенты, зависящие от химического состава серных отходов.

Выделяющиеся сернистые газы образуют с влагой серную кислоту, которая может выпадать в виде кислотных дождей, нанося огромный ущерб экологии нефтеперерабатывающих регионов. Для предотвращения газовой выделения необходимо объемы твердых серных отходов обрабатывать такими растворами, которые обеспечат профилактику окислительных процессов за счет торможения реакций взаимодействия окисляющихся минералов с кислородом воздуха. Эти растворы – ингибиторы могут оказывать химическое, механическое или комбинированное действие [1].

Для выбора того или иного раствора – ингибитора требуется оценка их эколого-экономической эффективности в каждом конкретном случае. Для этого предлагается критерий η , определяемый как

$$\eta = \frac{\sum y_{\Pi}}{\sum y_{Д}}, \quad (9)$$

где $\sum U_{II}$ и $\sum U_{II}$ - сумма ущербов от загрязнения окружающей среды соответственно после и до применения раствора - ингибитора, тг/год. При значениях $I \geq \eta \geq 0$ растворы ингибиторы могут быть использованы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изыскание способов и средств профилактики загрязнения окружающей среды при эксплуатации месторождения окисляющихся полезных ископаемых. Доклады МН-АН РК, Алматы, 1998, №1.С. 69-73 (соавторы Альмухамбетова Ш.К., Байрамов И.М.).

АТМОСФЕРАНЫҢ МҰНАЙ ӨҢДЕУ ӨНДІРІСТЕРІНІҢ КҮКІРТ ҚАЛДЫҚТАРЫМЕН ЛАСТАНУЫ

Е.Х. Аязбаев

Ш.К. Әлмұхамбетова

Техн. ғылымд. докторы Т.К. Ахмеджанов

Қышқылданған жентек күкірт көлемдерінен шығатын газдарды сипаттау үшін бастапқы және шекаралық шарттармен жасалған теңдеу ұсынылған. Теңдеуді шешу мұнай өндіруден пайда болатын қатты күкірт қалдықтарының термодинамикалық жағдайын анықтауға мүмкіндік тугызып отыр. Ингибитор ерітінділердің тиімділігін бағалау бойынша кеңестер берілген.