

Я. С. Мухтаров, Р. Ш. Суфиянов, А. А. Яковлева,
О. А. Синяков

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ ЭКСТРАКТА ОТ ПРОМЫТОГО НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО ГРУНТА

Ключевые слова: нефтесодержащий грунт, экстрагирование углеводородов, механическое отделение экстракта.

Рассмотрены вопросы, связанные с определением оптимальных параметров процесса отделения экстракта от промытого нефтесодержащего грунта центробежным фильтрованием.

Keywords: oily soil, extraction of hydrocarbons, mechanical separation of the extract.

The problems associated with determining the optimal parameters of the separation process of the extract from the washed oily soil by centrifugal filtration.

Существующие методы переработки НСГ условно можно разделить на: *деструктивные* и *утилизационные*. При осуществлении первых, происходит потеря углеводородов (УВ), а при использовании вторых – углеводородные ресурсы сохраняются.

К деструктивным методам относят: термический, химический и биологический, а к утилизационным – физический и физико-химический методы.

Несмотря на высокую эффективность, к недостаткам термических методов следует отнести:

- необходимость крупных первоначальных капитальных затрат;
- существенные затраты на очистку и нейтрализацию образующихся дымовых газов.

Преимуществом *биологического метода* является его экологическая безопасность, но его использование ограничивается длительностью процесса, зависимостью от природно-климатических факторов, необходимостью в удобрениях, а также требует при реализации значительных площадей.

С помощью утилизационных методов возможно извлечение углеводородов – невозобновляемых природных ресурсов для их вторичного использования в промышленности. Извлечение может осуществляться промывкой НСГ водой с добавлением ПАВ, или же растворителями, такими как бензин, дизельное топливо и т.д.

Одним из эффективных растворителей является метилхлорид (МХ), который обладает целым рядом преимуществ, среди которых:

- высокая способность растворять многие органические вещества;
- низкие затраты при регенерации, т.к. имеет низкую температуру кипения;
- относительно малая токсичность.

Процесс отделения УВ от НСГ с помощью растворителей состоит из следующих основных стадий:

- смешение НСГ с растворителем, в результате которого происходит экстрагирование из них углеводородов;
- отделение экстракта (УВ + растворитель) от грунта центробежным фильтрованием;
- извлечение УВ из экстракта с возвратом растворителя для повторного использования.

Одним из условий обеспечения эффектив-

ности процесса переработки НСГ с использованием данного низкокипящего растворителя, является необходимость его механического отделения от промытого грунта при минимизации энергетических затратах [1, 2].

При проведении расчетов необходимо знать зависимость влагосодержания осадка от фактора разделения и с этой целью были проведены эксперименты на лабораторной центрифуге.

На рис. 1 и 2 представлены фотографии лабораторной центрифуги и разработанных фильтрующих стаканчиков.



Рис. 1 – Лабораторная центрифуга



Рис. 2 – Фильтрующие стаканчики лабораторной центрифуги: а - вид сбоку; б - вид сверху

В качестве исследуемого образца НСГ была выбрана смесь нефти, глины и песка в процентном соотношении глина : песок = 25 : 75 (по классификации механического состава, образец относится к легкосуглинистым почвам подзолистого типа).

На рис. 3 представлен график зависимости «влагосодержания» осадка (промытого грунта) от величины фактора разделения Φ_r . Точки, пред-

ставленные на графике, являются средними значениями 3-х параллельных опытов. После аппроксимации экспериментальных данных получена следующая зависимость

$$\Phi_r = 15,6W^{0,65} \quad (1)$$

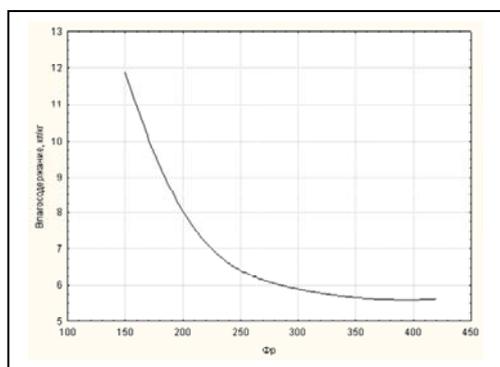


Рис. 3 – График зависимости влагосодержания от фактора разделения

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в результате проведенного центробежного фильтрования, возможно получение «влагосодержания» осадка порядка 6%, при этом фактор разделения должен быть не менее 350. Дальнейшее повышение Φ_r приводит лишь к неоправданным энергетическим затратам.

Для определения оптимальных параметров процесса центробежного отделения экстракта от осадка сформулируем целевую функцию на основе экономического критерия приведенных затрат P с учетом затрат на природоохранные мероприятия (экологические затраты)

$$P = C + \frac{EK}{B} + Z_3, \quad (2)$$

P – критерий приведенных затрат; C – эксплуатационные затраты, руб; K – капитальные затраты, руб; B – производительность, ед.прод./год; E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; Z_3 – экологические затраты, руб.

Для определения экологических затрат используем выражение

$$Z_3 = \sum_{t_0}^T \frac{K_t + C_t}{(1 + \epsilon_{н.п.})^{tt_\Delta}}, \quad (3)$$

где K_t – капитальные вложения в мероприятие (например, в строительство средозащитного объекта) в t -м году; C_t – эксплуатационные расходы (расходы по эксплуатации средозащитного объекта и т.п.) в t -м году без реновационных отчислений; $\epsilon_{н.п.}$ – нормативный коэффициент

приведения разновременных затрат; t_Δ – базовый момент времени, к которому приводятся затраты t -го года; t_0 , T – год начала строительства и год завершения эксплуатации соответствующих сооружений (объектов).

С учетом (3) запишем в развернутом виде выражение для расчета критерия эффективности процесса механического отделения экстракта от промытого грунта

$$P = 0,000153G(1 + u_0 + 0,907k_{\text{ц}} + 0,907k_{\text{ц}}u_0)\omega_p^2 R_3^2 \lambda + \frac{(Z_a + Z_p + Z_3)}{1000GT_3} + \frac{(Z_a + Z_p + Z_3)}{1000GT_3} E(K_c + K_0 + K_n) + \sum_{t_0}^T \frac{K_t + C_t}{(1 + \epsilon_{н.п.})^{tt_\Delta}} \Rightarrow \min, \quad (4)$$

где G – производительность центрифуги, кг/ч; u_0 – начальное «влагосодержание» смеси, кг/кг; $k_{\text{ц}}$ – эмпирический коэффициент (от 0,1 до 0,5); ω_p – скорость вращения ротора, 1/с; R_p – радиус ротора центрифуги, м; λ – стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, руб./кДж; T_3 – эффективный фонд (годовой) рабочего времени, ч/год; P – потери рабочего времени при пуске и остановке оборудования, %; K_a , K_p , K_3 – соответствующие затраты на амортизацию, ремонт и заработную плату, руб./год; K_c , K_0 , K_n – затраты на строительство, оборудование и приборы. В результате проведенных исследований определена зависимость «влагосодержания» осадка от фактора разделения, разработана целевая функция процесса центробежного отделения экстракта от промытого грунта с учетом экологических затрат. Полученные результаты могут быть использованы для минимизации энергозатрат процесса центробежного фильтрования.

Литература

1. Мухтаров, Я.С. Влияние потерь растворителя на рентабельность процесса обезвреживания нефтезагрязненных грунтов /Я.С. Мухтаров, Р.Ш. Суфиянов, В.А. Лашков //Вестник Казан. технол. ун-та. – №11, – 2012. – С.197-199.
2. Мухтаров, Я.С. Оценка эффективности процесса экстрагирования углеводородов из нефтезагрязненных грунтов /Я.С. Мухтаров, Р.Ш. Суфиянов //Вестник Казан. технол. ун-та. – №15, – 2012. – С.238-240.