

В. А. Лашков, Р. Ш. Суфиянов, О. А. Синяков,
А. А. Данилина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ГРУНТОВ

Ключевые слова: кинетика экстрагирования, нефтесодержащий грунт, уравнение Ерофеева-Колмогорова.

Проведены расчеты кинетических параметров процесса экстрагирования углеводородов из нефтесодержащих грунтов по результатам эксперимента.

Keywords: extraction kinetics, oily soil, Erofeev-Kolmogorov equation.

The calculations the kinetic parameters the process extraction of hydrocarbons from oil-contaminated soils by the results of the experiment.

Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» определяет условия, обеспечивающие переход на энергоэффективное развитие экономики. Согласно намеченным планам приоритетными направлениями при реализации мероприятий являются инновационное развитие ресурсосберегающих технологий и масштабные научные исследования.

Важной задачей при переработке нефтесодержащих грунтов является, прежде всего, получение из них углеводородов, извлекаемых с помощью различных экстрагентов. В настоящее время для указанных целей не применяются низкокипящие растворители, для регенерации которых необходимо значительно меньше энергии, чем при использовании растворителей с более высокими температурами кипения [1, 2]. В научно-технической литературе практически отсутствуют результаты исследования кинетики процесса экстрагирования углеводородов из нефтесодержащих грунтов данными растворителями.

С целью определения кинетических параметров процесса экстрагирования углеводородов из нефтесодержащего грунта (выщелоченного чернозема) низкокипящим растворителем были проведены соответствующие эксперименты. В качестве низкокипящего экстрагента был использован метилхлорид, а в качестве исследуемого образца – грунт, содержащий 20 % масс. нефти. Экстрагирование проводили при трех различных температурах: 10, 20 и 30 °С. Полученные результаты представлены на гистограмме (рис.1).

Для описания кинетики данных процессов было использовано уравнение Ерофеева-Колмогорова [3]

$$\alpha = 1 - e^{-k\tau^N}, \quad (1)$$

где α – степень извлечения нефти; k – постоянная, определяющая константу скорости процесса; N – постоянная, определяющая характер процесса; τ – время.

По значению коэффициента N определяют характер процесса: при $N < 1$ – процесс диффузион-

ный; при $N > 1$ – процесс кинетический; $N = 1$ – скорость конвективной диффузии сопоставима со ско-

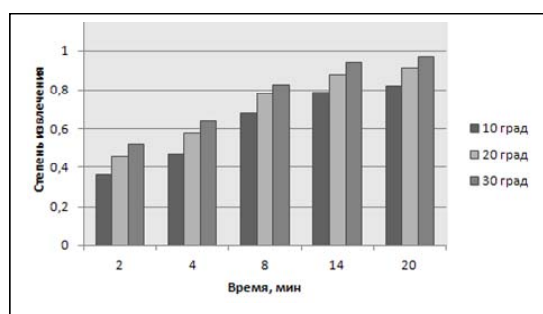


Рис. 1 - Результаты изменения степени извлечения углеводородов по времени

ростью молекулярной диффузии.

Полученные результаты представлены в логарифмических координатах (рис. 2).

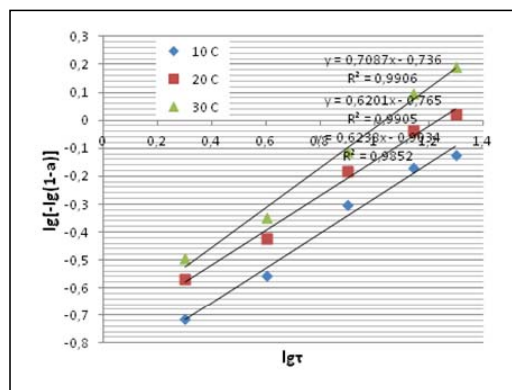


Рис. 2 - График степени извлечения нефти в метилхлориде

Результаты проверки достоверности аппроксимации полученных экспериментальных данных линейной зависимостью, представлены в табл.1. Графическая зависимость показывает, что значения постоянной N будут соответствовать тангенсам угла наклона линий тренда.

Для определения константы скорости процесса использовано уравнение Г.В. Саковича [4]

$$K = nk^{1/n}, \quad (2)$$

Расчет энергии активации проведено по уравнению Аррениуса

$$K = Be^{E/RT}, \quad (3)$$

или в логарифмической форме

$$\lg K = E/RT \lg e + \lg B, \quad (4)$$

где K – константа скорости; B – предэкспоненциальный множитель; E – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Таблица 1 – Результаты проверки достоверности аппроксимации

Образец	Температура, °C	Параметры процесса		
		n	k, мин ⁻¹	R ²
Нефтесодержа-	10	0,62	0,29	0,99
Продолжение таблицы 1				
щий грунт с концентрацией нефти 20 %, масс.	20	0,62	0,40	0,99
	30	0,71	0,42	0,99

На рис. 3 представлены графики зависимости константы скорости процесса от обратной температуры.

Полученные расчетным путем значения параметров: констант скоростей, энергий активации и предэкспоненциальных множителей, представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты расчета параметров

Растворитель	Температура, °C	K, мин ⁻¹	E, кДж/моль	lgB
МХ	10	0,085	32,81	4,93
	20	0,139		
	30	0,211		

Рассчитанные значения параметра Π (табл.1), свидетельствуют о том, что кинетика процесса экстрагирования углеводородов из вышеуказанного чернозема определяется в большей сте-

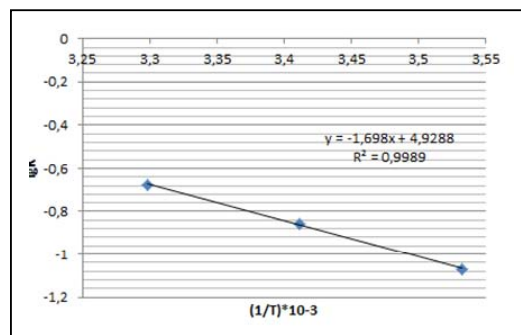


Рис. 3 - График зависимости константы скорости процесса экстрагирования

пени скоростью молекулярной диффузии углеводородов из частиц грунта, что можно объяснить наличием в нем частиц глины и гумуса, способствующих увеличению сопротивления экстракции.

Таким образом, проведенные исследования показали, что процесс экстрагирования углеводородов из нефтесодержащих грунтов может быть описан с помощью уравнения Ерофеева-Колмогорова, а для расчета энергии активации может быть использовано уравнение Аррениуса.

Литература

1. Я.С. Мухтаров, Р.Ш. Суфиянов, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **15**, 15, 240-242 (2012).
2. Я.С. Мухтаров, Р.Ш. Суфиянов, В.А. Лашков, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **15**, 11, 197-198 (2012).
3. И.К. Иванова, А.А. Рыкунов *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*, 2, 242-249 (2011).
4. А.Я. Розовский, *Кинетика топочимических реакций*. Химия, Москва, 1973. 224 с.