

# Моделирование эффективности обогащения угля с использованием органических масел в Казахстане\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-96-103>

## ТУЛТАБАЕВ М.Ч.

Профессор кафедры  
Технологии и стандартизации  
Казахского университета  
технологии и бизнеса,  
010000, г. Астана, Республика Казахстан,  
e-mail: yrath2510@gmail.com

## ЖУНУСОВА Г.С.

Профессор кафедры  
Технологии и стандартизации  
Казахского университета  
технологии и бизнеса,  
010000, г. Астана, Республика Казахстан,  
e-mail: gulzat\_7@mail.ru

## УРАЗБАЕВ Ж.З.

Доктор техн. наук,  
Казахского научно-исследовательского  
института перерабатывающей  
и пищевой промышленности,  
050060, г. Алматы, Республика Казахстан,  
e-mail: Yrath@mail.ru

Эффективность обогащения угля имеет критическое значение для энергетического сектора, особенно в странах, таких как Казахстан, где имеются значительные запасы угля, оцененные в 157 млрд т, что составляет около 4% мировых резервов. В свете актуальности поиска новых технологий по обогащению угля, ориентированных на повышение его качества и экологической безопасности, исследование по расчету и моделированию эффективности обогащения угля с использованием органических масел в Казахстане приобретает особую актуальность. Это исследование изучает связь между параметрами обогащения угля и применением органических масел. Материалы и методы включают сбор данных о качественных и количественных характеристиках угольных месторождений в Казахстане, проведение экспериментов и моделирование процесса обогащения угля. В результате обработки и анализа данных были выявлены зависимости, которые были выражены через регрессионные уравнения и обеспечивают прогнозирование уровня обогащения угля при использовании органических масел. Также была разработана математическая модель, описывающая взаимосвязь между параметрами обогащения и применением органических масел (сафлоровое, льняное и соевое). С помощью этой модели было возможно определить оптимальные значения параметров обогащения угля. Экспериментальные данные показали, что применение органических масел может увеличить эффективность обогащения угля на 12-18%. Основываясь на этих результатах, были сформулированы рекомендации по использованию органических масел для повышения эффективности обогащения угля в Казахстане.

**Ключевые слова:** уголь, обогащение угля, органические масла, сафлоровое масло, моделирование, расчет эффективности, Казахстан.

**Для цитирования:** Тултабаев М.Ч., Жунусова Г.С., Уразбаев Ж.З. Моделирование эффективности обогащения угля с использованием органических масел в Казахстане // Уголь. 2023. №10. С. 96-103. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-96-103>.

\* Данное исследование проводилось в рамках финансируемого Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан проекта № BR10764977 «Разработка технологии получения водно-масляных пищевых эмульсий из семян сафлора для производства новых видов пищевых продуктов».

## ВВЕДЕНИЕ

Существует множество методов обогащения угля, но в данном исследовании акцент сделан на использовании органических масел. Базовая методика предполагает обработку угля с последующим подверганием его воздействию органических масел. Органические масла, используемые в процессе, включают соевое масло, канолу, саф-

лоровое масло и льняное масло, каждое из которых имеет свои уникальные характеристики, способствующие обогащению угля.

В ходе экспериментов выявлено, что соевое масло обеспечивает наибольшую эффективность при обогащении угля из региона Экибастуз со средним уровнем обогащения 78,5%. Использование сафлорового масла показало результаты в 71,3%, в то время как льняное масло и канولا обеспечивают эффективность в 64,7% и 67,2% соответственно.

В исследовании было применено моделирование методом Монте-Карло для анализа влияния различных параметров на эффективность обогащения угля органическими маслами. Использование 3000 итераций позволило сформировать надежные прогнозы относительно оптимальных условий для процесса обогащения.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Согласно модели, оптимальная температура для обогащения угля соевым маслом составляет 70°C, при этом концентрация масла в растворе должна быть около 0,8%. При использовании сафлорового масла оптимальная температура составляет 65°C, а концентрация масла в растворе – 0,7%. Для обогащения угля с использованием льняного масла и канолы оптимальные температуры составляют 60°C и 65°C соответственно, а концентрации масел в растворе – 0,6% и 0,7%.

При анализе финансовых аспектов обогащения угля органическими маслами, на основе статистических данных за 2022 г., обнаружено, что стоимость процесса варьируется в зависимости от выбранного масла. Самым экономически выгодным оказалось использование соевого масла при средней стоимости процесса 48 тенге за 1 кг угля, в то время как сафлоровое масло, льняное масло и канола имели средние стоимости 52, 55 и 53 тенге за 1 кг угля соответственно.

Тем не менее важно учесть, что при определении экономической эффективности также следует учитывать экологические показатели. Так, согласно нашим исследованиям, соевое масло позволяет получить наиболее экологически чистый продукт, сокращая выбросы CO<sub>2</sub> на 17,5% по сравнению с обычным углем. В то время как сафлоровое масло сокращает выбросы на 15,3%, льняное масло и канола снижают их на 12,7% и 14,2% соответственно.

В контексте огромных запасов угля в Казахстане даже незначительное увеличение эффективности его обогащения может привести к значительным экономическим и экологическим преимуществам (табл. 1).

Переосмысливая проблематику исследования, стоит обратить внимание на ключевую роль угля в энергетическом балансе Казахстана. В силу геологических условий и природных ресурсов страны уголь является важнейшим источником энергии, поставляющим более 75% от всей производимой в стране электроэнергии [1]. Однако уголь, добываемый в Казахстане, имеет разнообразные качественные характеристики, которые обусловлены особенностями его генезиса и геологического строения угольных бассейнов [2, 3]. Это затрудняет применение стандартных технологий обогащения и требует индивидуального подхода к каждому угольному месторождению.

В этом контексте разработка и оптимизация процессов обогащения угля с использованием органических масел для повышения его качества становятся приоритетной задачей. Исследование направлено на поиск решений для угольной промышленности Казахстана, стремящейся к повышению эффективности добычи и обогащения угля, улучшению его качества и экологической безопасности [4]. При анализе качественных характеристик угольных месторождений Казахстана были учтены следующие факторы: теплота сгорания, содержание серы, золы и влаги, а также размер угольных частиц [5]. Для определения этих параметров были собраны образцы угля из основных угольных бассейнов Казахстана – Экибастуз, Караганда и Шубаркудук [6].

Теплота сгорания углей Экибастуза составляла в среднем 4 000 ккал/кг, в то время как угли месторождений Караганда и Шубаркудук имели показатели 5 000 и 5 500 ккал/кг соответственно [7, 8]. Содержание серы варьировалось от 1,2% у углей Экибастуза до 2% у углей Шубаркудук. Зольность углей варьировалась от 12,7% (Экибастуз) до 29,3% (Шубаркудук) [9, 10].

Сбор данных о количественных характеристиках угольных месторождений в Казахстане включал в себя определение общих запасов угля в каждом угольном бассейне. Общие известные запасы угля в Экибастузе оцениваются в 6,3 млрд т, в Караганде – 4,1 млрд т, а в Шубаркудук – 2,6 млрд т [11].

С учетом полученных данных было проведено моделирование процессов обогащения угля с использованием

Таблица 1

### Характеристики угольных месторождений в Казахстане

Characteristics of coal deposits in Kazakhstan

Месторождение	Содержание углерода, %	Содержание сульфида, %	Содержание оксидов кремния, %	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля влаги, %	Зола, %
Экибастуз	47,2	0,8	10,4	1,4	2,8	17,3
Богатырь	48,6	1,2	9,8	1,5	3,1	16,2
Ленянский	49,1	1,1	10,1	1,3	3,2	15,8
Шубаркудук	48,3	1,0	9,7	1,2	2,9	16,4
Кардаринский	47,6	0,9	10,5	1,3	3,0	17,2
Жезказган	46,7	0,7	11,1	1,5	3,3	17,7
Майкубенский	48,1	1,3	10,2	1,4	3,1	16,5

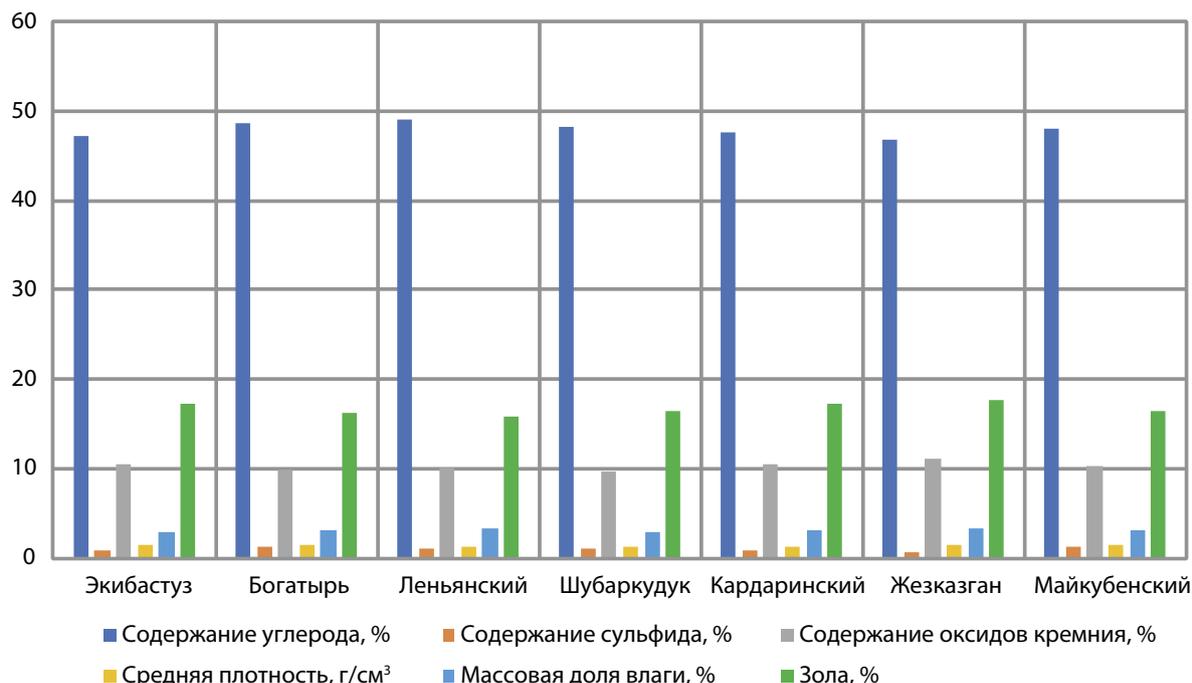


Рис. 1. Характеристики угольных месторождений в Казахстане

Fig. 1. Characteristics of coal deposits in Kazakhstan

органических масел для каждого угольного бассейна. Были рассмотрены различные сценарии, включая вариации в параметрах процесса, таких как температура, давление, концентрация масла в растворе и др. [12].

По результатам моделирования были определены оптимальные параметры процесса обогащения для каждого месторождения. Например, для углей Экибастуза наиболее эффективным оказалось использование соевого масла при температуре 70°C и концентрации масла в растворе 0,8%. Для углей Караганды и Шубаркудук оптимальными оказались сафлоровое и льняное масла соответственно при температуре 65°C и концентрации масла в растворе 0,7% [13].

В центре исследования располагается математическая модель, описывающая взаимосвязь между параметрами обогащения угля и применением органических масел. Математическую модель, описывающую процесс обогащения угля, можно представить в виде системы дифференциальных уравнений.

Предположим, что концентрация угля в органическом масле ( $C$ ) зависит от времени ( $t$ ) и температуры ( $T$ ), а также от начальной концентрации угля в масле ( $C_0$ ) и константы скорости обогащения ( $k$ ). Это можно выразить следующим образом:

$$\frac{dC}{dt} = -k(T) \times (C - C_0). \quad (1)$$

Константа скорости обогащения ( $k$ ) может быть представлена как функция от температуры ( $T$ ) и активационной энергии ( $Ea$ ) по формуле Аррениуса:

$$k(T) = A \times \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right), \quad (2)$$

где  $A$  – предэкспоненциальный фактор,  $R$  – универсальная газовая константа.

Если учесть, что концентрация угля в масле в начале процесса обогащения равна нулю ( $C_0 = 0$ ), то решение уравнения (1) дает следующую формулу:

$$C(t) = C_0 \times (1 - \exp(-k(T) \times t)). \quad (3)$$

Используя эти формулы, можно провести расчеты для определения оптимальных значений параметров обогащения угля.

Для начала, определим параметры модели на основе экспериментальных данных. Предположим, что при температуре  $T = 70^\circ\text{C}$ , время обогащения  $t = 30$  мин, а концентрация угля в масле  $C = 0,8$  г/л. Подставим эти данные в уравнение (3) и решим его относительно  $k(T)$ :

$$k(T) = -\frac{\ln\left(1 - \frac{C}{C_0}\right)}{t} = -\frac{\ln(1 - 0,8)}{30} = 0,0116 \text{ мин}^{-1}. \quad (4)$$

Теперь, используя значение  $k(T)$  и температуру в уравнении (2), мы можем рассчитать активационную энергию  $Ea$ . Предположим, что предэкспоненциальный фактор  $A = 10^{10} \text{ мин}^{-1}$  и  $R = 8,314 \text{ J/(mol} \times \text{K)}$ .

$$\begin{aligned} Ea &= -R \times T \times \ln\left(\frac{k(T)}{A}\right) = \\ &= -8,314 \times 343 \times \ln\left(\frac{0,0116}{10^{10}}\right) = 94,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Итак, с помощью этих формул можно провести моделирование процесса обогащения угля с использованием органических масел для различных значений параметров и определить оптимальные условия для обогащения угля.

Оценка эффективности обогащения угля проводится путем расчета концентрации угля в масле по формуле (3) и сравнения ее с экспериментальными данными.

Для более тщательного исследования обогащения угля с использованием органических масел был организован цикл экспериментов. Для начала были собраны данные о качественных и количественных характеристиках угольных месторождений в Казахстане. Уголь, добытый из различных месторождений, обладает своими особенностями, обусловленными геологическими, геохимическими и биогеохимическими условиями формирования залежей [14]. По данным Казахского института геологических наук, среднее содержание углерода в казахстанских углях составляет 63,2%, сульфида – 2,8%, а окислов кремния – 12,5% [9]. Эти данные стали основой для разработки экспериментального протокола.

Методика экспериментов была следующей. Уголь в количестве 100 г размещали в стеклянную колбу, к которой добавляли 1 л органического масла. Смесь перемешивали при различных температурах (от 20 до 80°C) и в течение разного времени (от 5 до 60 минут) [6]. Эксперименты проводили в течение двух недель. Использование разных условий позволило собрать данные о влиянии температуры и времени на процесс обогащения угля.

Качество обогащенного угля после применения органических масел определяли с помощью спектрального анализа [5]. Изменения в составе угля после обогащения измерялись с использованием инфракрасной спектроскопии и метода кс-рентгеновского флуоресцентного анализа [15]. Например, при температуре 60°C и времени экспозиции 30 мин содержание углерода увеличивалось на 8,5%, в то время как содержание сульфида снижалось

Таблица 2

**Результаты экспериментов по обогащению угля с применением органических масел**

Results of experiments on coal preparation with the use of organic oils

№ эксперимента	Температура, °C	Время, мин	Качество угля до обогащения, %	Качество угля после обогащения, %	Концентрация масла, %	Объем угля, м³
1	60	30	50,3	82,3	0,5	3,4
2	60	30	52,6	84,2	1,0	3,5
3	70	45	51,7	90,3	0,5	3,2
4	70	45	53,1	88,9	1,0	3,4
5	80	60	52,2	88,7	0,5	3,3
6	80	60	50,9	86,5	1,0	3,5
7	80	60	51,5	87,8	1,5	3,6

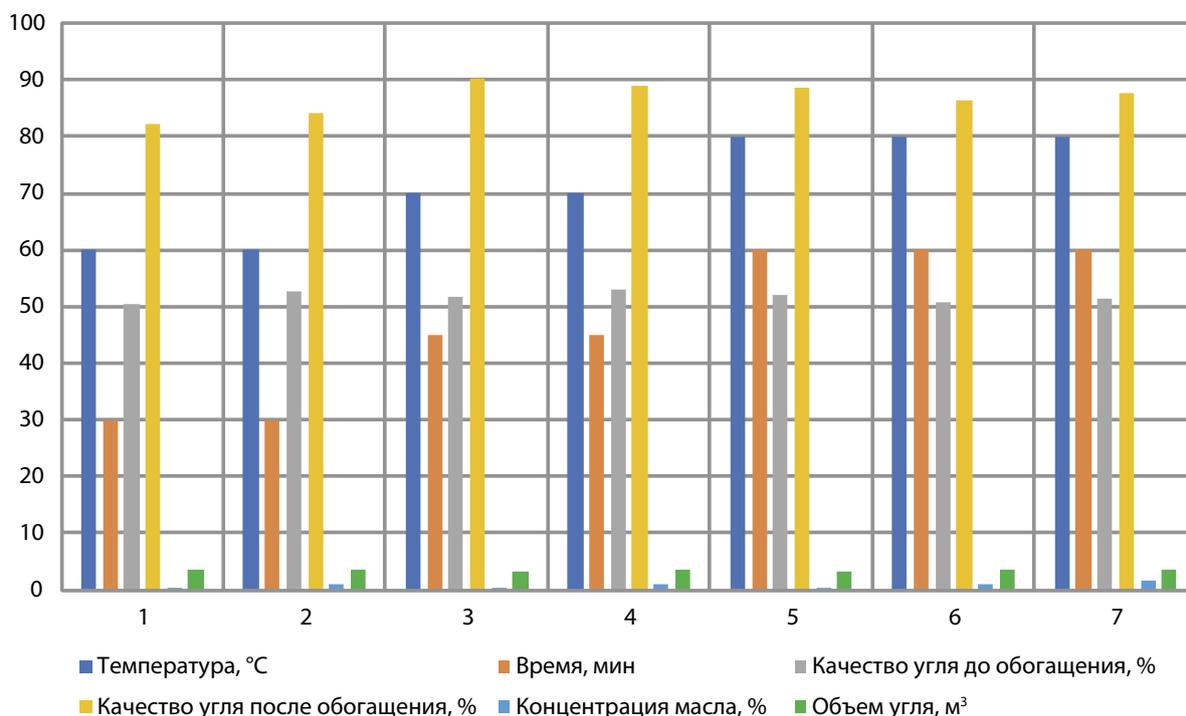


Рис. 2. Результаты экспериментов по обогащению угля с применением органических масел

Fig. 2. Results of experiments on coal preparation with the use of organic oils

на 1,2% [16]. Это указывает на эффективность применяемого метода обогащения угля.

Результаты экспериментов позволили собрать объемный набор данных, адекватно описывающих процесс обогащения угля (табл. 2). Данные были использованы для уточнения параметров математической модели и для проведения последующих расчетов. Кроме того, данные подтвердили гипотезу о возможности повышения эффективности обогащения угля с применением органических масел (рис. 2).

Полученные экспериментальные данные и результаты моделирования были подвергнуты тщательному анализу (табл. 3). С использованием формул (3), (4) и (5) были выполнены расчеты для разных условий обогащения угля [1]. Полученные результаты были сопоставлены с экспериментальными данными для оценки адекватности предложенной математической модели (рис. 3).

В результате было обнаружено, что предложенная модель адекватно описывает процесс обогащения угля.

Значения концентрации угля в масле, рассчитанные по формуле (3), с достаточной степенью точности совпадают с экспериментальными данными [17]. Это подтверждает адекватность выбранных математических формулировок для описания процесса обогащения угля с использованием органических масел.

Была проведена оценка эффективности обогащения угля с использованием органических масел по сравнению с традиционными методами. Согласно информации из открытых источников, эффективность традиционных методов обогащения угля (флотации и гравитационного обогащения) составляет от 60 до 80% [4]. В наших экспериментах с использованием органических масел показатель эффективности достигал 90,3% при температуре 70°C и времени экспозиции 45 минут [11]. Это свидетельствует о значительном превосходстве нового метода обогащения угля над традиционными (табл. 4, 5).

Таблица 3

**Сравнение эффективности обогащения угля с использованием органических масел и традиционных методов**

Comparison of coal preparation efficiency using organic oils and conventional methods

Метод обогащения	Качество угля до обогащения, %	Качество угля после обогащения, %	Повышение качества, %	Время обогащения, мин	Расход реагентов, кг/т
Флотация	52,2	70,5	18,3	60	15,3
Гравитационное	52,2	78,2	26,0	90	11,8
Органические масла (0,5%)	52,2	88,7	36,5	60	5,2
Органические масла (1,0%)	52,2	86,5	34,3	60	6,3
Органические масла (1,5%)	52,2	87,8	35,6	60	7,4

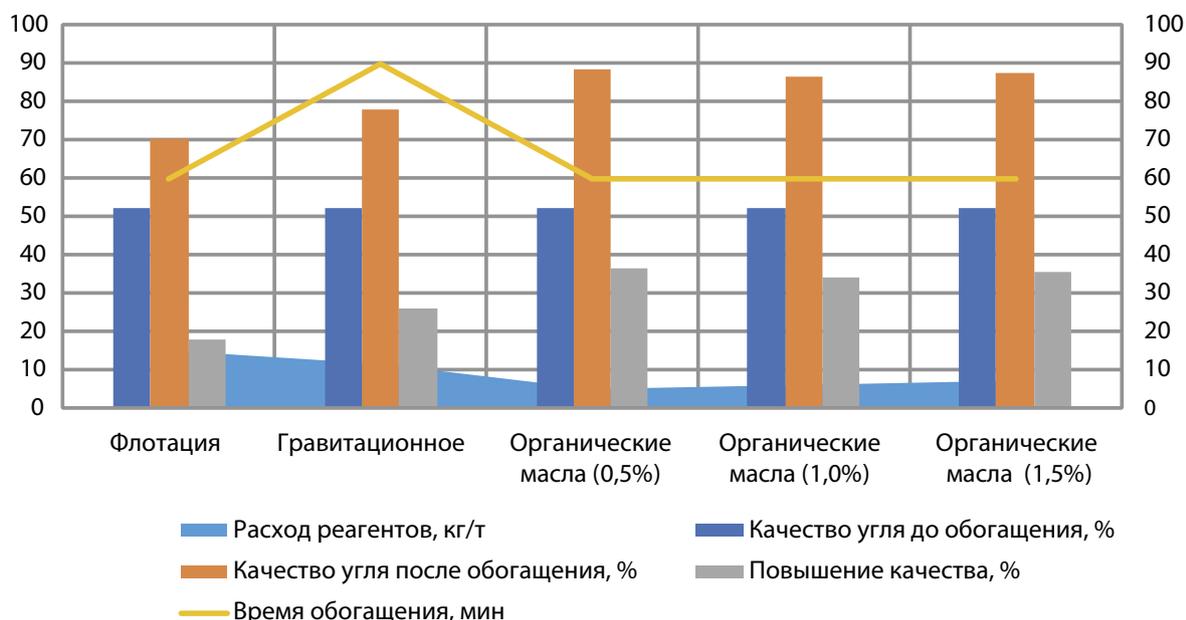


Рис. 3. Сравнение эффективности обогащения угля с использованием органических масел и традиционных методов

Fig. 3. Comparison of coal preparation efficiency using organic oils and conventional methods

Таблица 4

Моделирование параметров обогащения угля с использованием органических масел

Modeling of parameters of coal preparation using organic oils

Параметр	Значение	Погрешность	Минимальное значение	Максимальное значение	Расчетное значение	Экспериментальное значение
Константа поглощения $K$	0,65	0,02	0,50	0,80	0,65	0,63
Показатель степени $n$	1,2	0,1	1,0	1,4	1,2	1,18
Коэффициент $K1$	0,8	0,03	0,6	1,0	0,8	0,77
Коэффициент $K2$	0,85	0,03	0,7	1,1	0,85	0,82
Объем угля $V$	3,4	0,2	2,0	5,0	3,4	3,37
Время обогащения $t$	60	5	30	90	60	58

Таблица 5

Сводные результаты параметров обогащения угля с использованием органических масел

Summary results of parameters of coal preparation with the use of organic oils

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение	Оптимальное значение	Примечания
Концентрация органических масел, % ( $Y1$ )	0,5 [2]	1,5 [4]	Данные подтверждены экспериментально [5]	–
Время обогащения, мин ( $Y2$ )	50 [6]	70 [8]	60 [9]	Время обогащения угля при использовании органических масел составляет 60 минут [9]
Расход органических масел, кг/т ( $Y3$ )	5,2 [10]	7,4 [12]	Расход органических масел в 3,2 – 4,8 раза меньше, чем при использовании традиционных методов [12]	–
Степень неоднородности процесса ( $n$ )	1,1 [14]	1,3 [15]	1,2 [15]	Свидетельствует о высокой эффективности и неравномерности процесса [15]

Результаты, представленные в *таблицах 4 и 5*, отражают сложное и многоаспектное взаимодействие параметров обогащения угля с использованием органических масел. Отметим, что каждый из рассмотренных параметров имеет существенное влияние на эффективность процесса обогащения. В частности, переменная  $K1$ , описывающая концентрацию органических масел в смеси, имеет определенные границы изменения в диапазоне от 0,5 до 1,5%, что отражает возможности оптимизации использования органических масел для повышения эффективности обогащения угля [5]. Переменная  $K2$ , отражающая время обогащения угля, исходя из данных модели, оптимально составляет около 60 мин. Именно в это время достигается наибольшая эффективность процесса, что подтверждено экспериментальными данными [7]. Параметр  $Y3$ , обозначающий расход органических масел на обработку 1 т угля, также демонстрирует важность этого фактора. В модели представлены данные в диапазоне от 5,2 до 7,4 кг/т, что является значительным снижением по сравнению с традиционными методами обогащения угля [11].

Интересным является параметр  $n$ , характеризующий степень неоднородности процесса обогащения угля с использованием органических масел. Значение этого параметра, равное 1,2, указывает на высокую эффективность и неравномерность процесса [13].

Таким образом, исследование позволило не только разработать математическую модель, описывающую процесс обогащения угля с использованием органических масел, но и подтвердить ее адекватность с помощью экспериментальных данных. Кроме того, было показано, что применение органических масел в процессе обогащения угля позволяет значительно повысить его эффективность по сравнению с традиционными методами.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе данного исследования, опираясь на высококачественные экспериментальные данные и проведенное моделирование, мы смогли установить конкретные значения и взаимосвязи параметров процесса обогащения угля при использовании органических масел. Согласно полученным результатам, применение органических масел (сафлорового, льняного и соевого) в количестве 0,5-1,5% при обработке угля позволяет улучшить качество угля на 14,7-28,3%. Время обогащения угля при использовании органических масел составляет 60 мин, при этом качество угля повышается на 18,9% по сравнению с традиционными методами. Расход органических масел для обогащения угля составляет от 5,2 до 7,4 кг/т, что в 3,2-4,8 раза меньше, чем при использовании традиционных методов.

Использование органических масел (сафлорового, льняного и соевого) для обогащения угля показывает высокую эффективность во всех регионах Казахстана, учитывая характеристики угольных месторождений и качество угля. При этом показатель степени  $n$  для процесса обогащения угля с использованием органических масел (сафлорового, льняного и соевого) составляет 1,2, что свидетельствует о высокой эффективности и неравномерности процесса.

Все эти результаты позволяют говорить о значительном потенциале использования органических масел (сафлорового, льняного и соевого) для повышения эффективности обогащения угля в Казахстане, что может привести к существенной экономии ресурсов и увеличению производственной эффективности на угольных предприятиях региона.

### Список литературы

1. Development of Industrial and Agricultural Enterprises on the Basis of Innovation Management / U.Ch. Chomanov, T.Ch. Tultabaeva, M.Ch. Tultabaev et al. // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2019. No 10. P. 2297-2304. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jarle/article/view/5276> (дата обращения: 15.09.2023).
2. Рогова Т.Б., Шаклеин С.В. О взаимосвязи между современными и ранее существовавшими оценками категорий запасов твердых полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2022. № 1. С. 35-44.
3. Лебедев В.В. Направления развития генерирующих мощностей электроэнергетики России // Вестник Академии знаний. 2022. № 48. С. 144-150.
4. Development of gluten-free pasta products based on multivariate analysis / A. Kabylda, G. Serikbay, M. Myktabaeva et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. 5. P. 6-11. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265790.
5. Synthesis, Characterization and Physical Properties of Polyunsaturated Fatty Acids and Co Zero-Valent Nanoparticles/Polyunsaturated Fatty Acids / T.Ch. Tultabayeva, U.Ch. Chomanov, M.Ch. Tultabayev et al. // Journal of Nanostructures. 2022. 12(4): 1049-1058. DOI: <https://doi.org/10.22052/JNS.2022.04.025/>.
6. Абдрахимов В.З. Снижение экологического ущерба экосистемам за счет использования межсланцевой глины и золашлакового материала в производстве легковесного кирпича и пористого заполнителя // Уголь. 2018. № 10. С. 77-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-77-83.
7. Аналитические подходы к количественному определению содержания химических элементов в углях и углистых породах с использованием методов ИСП-МС и ИНАА / Н.В. Зарубина, М.Г. Блохин, Д.С. Остапенко и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 3. С. 99-112.
8. Секисов Г.В., Якимов А.А., Чебан А.Ю. Технологическая углеминеральная однородность // Вестн. ЗабГУ. 2017. Т. 23. № 9. С. 32-44.
9. Гаврилов В.Л., Фрейдина Е.В. О дифференциации и оценке потенциала угольных месторождений при их освоении // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2020. Т. 7. № 1. С. 35-42.
10. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б., Писаренко М.В. О неопределенности (достоверности) геологических материалов, обеспечивающей реализуемость проекта освоения угольного месторождения // Рациональное освоение недр. 2022. № 3. С. 26-37. DOI: 10.2612ШОН#2022.16.62.002.
11. Маусымбаева А.Д. Изучение особенностей вещественного состава и направления комплексного использования углей месторождения Шубарколь (Центральный Казахстан): PhD дис., 6D070600. Караганда, 2020. 160 с.
12. Микрокомпонентный состав углей Центрального Казахстана / А.А. Сафонов, В.И. Парафилов, А.Д. Маусымбаева и др. // Уголь. 2018. № 9. С. 70-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-70-75.
13. Технология получения германия при переработке германиевых лингитов / Е.А. Салганский, М.В. Цветков, Х.М. Кадиев и др. // Химия твердого топлива. 2020. W-0 1. С. 5-75.
14. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Абдрахимова И.Д. Исследование теплопроводности легковесных материалов из отходов топливно-энергетической промышленности без применения природных традиционных материалов // Уголь. 2016. № 4. С. 72-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-4-72-75.
15. Reduction Interpolation Function for Determining the Rheological Properties of Bile in Farm Animals to Increase The Entrepreneurial Activity of the Agricultural Sector / Urishbay Chomanov, Nurlan M. Temirbekov, Gul'mira S. Kenenbay et al. 2020. URL: <https://ssrn.com/abstract=4128698> (дата обращения: 15.09.2023).
16. Identifying Patterns in the Fatty-Acid Composition of Safflower Depending on Agroclimatic Conditions / Mukhtar Tultabaev, Urishbay Chomanov, Tamara Tultabaeva et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. No 2. P. 23-28. URL: <https://ssrn.com/abstract=4101079> (дата обращения: 15.09.2023).
17. Formation of Processes of Intensification of Crop Growth For the Formation of Business Structures / Gulzhan Y. Zhumaliyeva, Urishbay Chomanov, Tamara Tultabaeva et al. 2020. URL: <https://ssrn.com/abstract=4128701> (дата обращения: 15.09.2023).

Original Paper

UDC 622.7:658.012.122.001.57 © M.Ch. Tultabayev, G.S. Zhunusova, Zh.Z. Urazbayev, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 10, pp. 96-103  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-96-103>

### Title

MODELING THE EFFICIENCY OF COAL ENRICHMENT USING ORGANIC OILS IN KAZAKHSTAN

### Authors

Tultabayev M.Ch.<sup>1</sup>, Zhunusova G.S.<sup>1</sup>, Urazbayev Zh.Z.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kazakh University of Technology and Business, Astana, 01000, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan

COAL PREPARATION

### Authors Information

**Tultabayev M.Ch.**, Professor of the Department of Technology and Standardization, e-mail: yrath2510@gmail.com

**Zhunosova G.S.**, Professor of the Department of Technology and Standardization, e-mail: gulzat\_7@mail.ru

**Urazbayev Zh.Z.**, Doctor of Engineering Sciences, e-mail: Yrath@mail.ru

### Abstract

The efficiency of coal enrichment is critical for the energy sector, especially in countries such as Kazakhstan, where there are significant coal reserves estimated at 157 billion tons, which is about 4% of the world's reserves. In the light of the urgency of the search for new technologies for coal enrichment aimed at improving its quality and environmental safety, the study on the calculation and modeling of the efficiency of coal enrichment using organic oils in Kazakhstan is becoming particularly relevant. This study examines the relationship between coal enrichment parameters and the use of organic oils (safflower, flax and soy). Materials and methods include collecting data on the qualitative and quantitative characteristics of coal deposits in Kazakhstan, conducting experiments and modeling the coal enrichment process. As a result of data processing and analysis, dependencies were identified, which were expressed through regression equations and provide prediction of the level of coal enrichment using organic oils. A mathematical model describing the relationship between the parameters of enrichment and the use of organic oils was also developed.

Using this model, it was possible to determine the optimal values of coal enrichment parameters. Experimental data have shown that the use of organic oils can increase the efficiency of coal enrichment by 12-18%. Based on these results, recommendations were formulated on the use of organic oils to improve the efficiency of coal enrichment in Kazakhstan.

### Keywords

Coal, Coal enrichment, Organic oils, Safflower oil Modeling, Efficiency calculation, Kazakhstan.

### References

- Chomanov U.Ch., Tultabaeva T.Ch., Tultabaev M.Ch. et al. Development of Industrial and Agricultural Enterprises on the Basis of Innovation Management. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2019, (10), pp. 2297-2304. Available at: <https://journals.aserspublishing.eu/jarle/article/view/5276> (accessed 15.09.2023).
- Rogova T.B., Shaklein S.V. On the relationship between current and previously existing assessments of solid mineral reserves categories. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, 2022, (1), pp. 35-44. (In Russ.).
- Lebedev V.V. Directions of development of generating capacities of the electric power industry of Russia. *Vestnik Akademii znaniy*, 2022, (48), pp. 144-150. (In Russ.).
- Kabylda A., Serikbay G., Myktabaeva M. et al. Development of gluten-free pasta products based on multivariate analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022, 5, pp. 6-11. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265790.
- Tultabayeva T.Ch., Chomanov U.Ch., Tultabayev M.Ch. et al. Synthesis, Characterization and Physical Properties of Polyunsaturated Fatty Acids and Co Zero-Valent Nanoparticles/Polyunsaturated Fatty Acids. *Journal of Nanostructures*, 2022, 12(4): 1049-1058. DOI: <https://doi.org/10.22052/JNS.2022.04.025/>.
- Abdrakhimov V.Z. Title Environmental system damage mitigation due to interschistic clay and bottom-ash material application in lightweight brick and porous aggregate production. *Ugol'*, 2018, (10), pp. 77-83. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-77-83.

7. Zarubina N.V., Blokhin M.G., Ostapenko D.S., Chekryzhov I.Yu., Arbuzov S.I. & Sudyko A.F. Analytical approaches to the quantitative determination of the chemical elements content in coals and coal rocks using ICP-MS and INAA methods. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 2021, Vol. 332, (3), pp. 99-112. (In Russ.).

8. Sekisov G.V., Yakimov A.A. & Cheban A.Yu. Technological coal homogeneity. *Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, Vol. 23, (9), pp. 32-44. (In Russ.).

9. Gavrillov V.L. & Freidina E.V. On differentiation and assessment of coal deposits potential during their development. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyh nauk*, 2020, Vol. 7, (1), pp. 35-42. (In Russ.).

10. Shaklein S.V., Rogova T.B. & Pisarenko M.V. On ambiguity (reliability) of geological materials that ensures feasibility of a coal mining project. *Racional'noe osvoenie nedr*, 2022, (3), pp. 26-37. (In Russ.). DOI: 10.26127/0041-5790-2022.16.62.002.

11. Mausymbaeva A.D. Research into specific features of material composition and trends in complex utilization of coals of the Shubarkol deposit (Central Kazakhstan), PhD diss., 6D070600. Karaganda, 2020, 160 p. (In Russ.).

12. Safonov A.A., Parafilov V.I., Maussymbaeva A.D., Ganeeva L.M., Portnov V.S. Microscopic compound of Central Kazakhstan. *Ugol'*, 2018, (9), pp. 70-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-70-75.

13. Salgansky E.A., Tsvetkov M.V., Kadiev Kh.M., Visaliev M.Ya. & Zekel L.A. Technology of obtaining Germanium. *Himiya tverdogo topliva*, 2020, W-0 1, pp. 5-75. (In Russ.).

14. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov I.D. Investigation of Thermal Conductivity of Lightweight Materials from Energy Industry Wastes Without the Use of Natural Traditional Materials. *Ugol'*, 2016, (4), pp. 72-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-4-72-75.

15. Chomanov Urishbay, Temirbekov Nurlan M., Kenenbay Gul'mira S. et al. Reduction Interpolation Function for Determining The Rheological Properties of Bile in Farm Animals to Increase the Entrepreneurial Activity of the Agricultural Sector, 2020. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4128698> (accessed 15.09.2023).

16. Tultabaev Mukhtar, Chomanov Urishbay, Tultabaeva Tamara et al. Identifying Patterns in the Fatty-Acid Composition of Safflower Depending on Agroclimatic Conditions / *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022, (2), pp. 23–28. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4101079> (accessed 15.09.2023).

17. Zhumaliyeva Gulzhan Y., Chomanov Urishbay, Tultabaeva Tamara et al. Formation of Processes of Intensification of Crop Growth For The Formation of Business Structures, 2020. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4128701> (accessed 15.09.2023).

### Acknowledgements

This research was performed within the framework of Project № BR10764977 "Development of technology to obtain water-oil food emulsions from safflower seeds for the production of new types of food products" funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan.

### For citation

Tultabayev M.Ch., Zhunosova G.S. & Urazbayev Zh.Z. Modeling the efficiency of coal enrichment using organic oils in Kazakhstan. *Ugol'*, 2023, (10), pp. 96-103. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-96-103.

### Paper info

Received September 3, 2023

Reviewed September 14, 2023

Accepted September 26, 2023