

Код МРНТИ 53.31.15

И.М. Алматыв<sup>1</sup>, \*О.Г. Хайитов<sup>2</sup><sup>1</sup>Государственное учреждение «Институт минеральных ресурсов» (г. Ташкент, Узбекистан),<sup>2</sup>Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан)

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛУКОКСА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКТАУ

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются технологии по переработке полукокса горючих сланцев с определением параметров традиционных методов обогащения и гидрометаллургические способы извлечения полезных компонентов; выщелачивание по извлечению в сернокислотный раствор ценных компонентов, а также селективное извлечение на ионообменные смолы методом сорбции ценных компонентов ванадия, молибдена и урана. Представленные способы не реализованы в промышленном объеме, так как переработка горючих сланцев в республике не имеется. Проанализированы перспективные технологические схемы переработки полукокса горючих сланцев. Процесс включает выщелачивание в чанах с серной кислотой 160 г/л, в комнатной температуре, Т:Ж = 1:5, продолжительность 60 минут.

**Ключевые слова:** горючий сланец, полукокс, сланцевая смола, гидрометаллургия, ICP-MS, концентрат.

### Ақтау кен орнының жанғыш тақтатас жартылай коксын өңдеудің кешенді технологиясын әзірлеу

**Андатпа.** Бұл жұмыста байытудың дәстүрлі әдістерінің параметрлерін және пайдалы компоненттерді алудың гидрометаллургиялық әдістерін анықтай отырып, жанғыш тақтатастардың жартылай коксын қайта өңдеу технологиялары қарастырылады. Ванадий, молибден және уранның құнды компоненттерін сорбциялау әдісімен бағалы компоненттерді күкірт қышқылды ерітіндіге алу, сондай-ақ ион алмастырғыш шайырларға селективті алу бойынша шаймалау. Ұсынылған тәсілдер өнеркәсіптік көлемде іске асырылмаған, өйткені республикада жанғыш тақтатастарды қайта өңдеу жоқ. Жанғыш тақтатастардың жартылай коксын өңдеудің перспективалық технологиялық схемалары талданды. Процесс күкірт қышқылы ыдыстарында 160 г/л, бөлме температурасында шаймалауды қамтиды, Т:Ж = 1:5, ұзақтығы 60 минут.

**Түйінді сөздер:** жанғыш тақтатас, жартылай кокс, тақтатас шайыры, гидрометаллургия, ICP-MS, концентрат.

### Development of an integrated technology for processing semi-coke of oil shale of Aktau deposit

**Abstract.** This paper discusses technologies for processing oil shale semi-coke with determination of the parameters of traditional enrichment methods and hydrometallurgical methods for extracting useful components. Leaching for the extraction of valuable components into a sulfuric acid solution, as well as selective extraction onto ion exchange resins by the sorption method of valuable components of vanadium, molybdenum and uranium. The presented methods have not been implemented on an industrial scale, since oil shale processing is not available in the Republic. Promising technological schemes for processing oil shale semi-coke are analyzed. The process includes leaching in vats with sulfuric acid 160 g/l, at room temperature, T:L = 1:5, duration 60 minutes.

**Key words:** oil shale, semi-coke, shale tar, hydrometallurgy, ICP-MS, concentrate.

### Введение

В настоящее время в качестве основных источников сырья для химической и энергетической промышленности рассматривают нефть и природный газ, однако следует отметить, что это постоянный рост энергопотребления на фоне истощения запасов традиционных нефтяных и газовых месторождений.

В связи с этим, в последние годы большое внимание уделяется разработке технологии горючих сланцев [1-6]. По данным 1999 года, разведанные запасы горючих сланцев Республики Узбекистан огромны и оцениваются в 47 млрд. тонн [7]. В Узбекистане геологические запасы расположены в основном в Кызылкумском регионе и прогнозные их ресурсы составляют порядка 24,6 млрд т. Разведанные запасы по категории А + С оцениваются примерно в 300 млн тонн. Значительными запасами горючих сланцев располагает Южный Узбекистан, в частности, Байсунское месторождение, Сангрунтауское и Актауское (Навоийская обл.), а также Уртабулакское (Бухарская обл.) [8]. Следует отметить, что рядом ученых Узбекистана проведены исследования по извлечению металлов из горючих сланцев различными химическими методами [9-12].

К сожалению, на территории Узбекистана в настоящее время отсутствуют производственные мощности для переработки горючих сланцев. В качестве расширения топливно-энергетического баланса и сырьевой базы радиоактивных и редкоземельных металлов можно рассматривать вовлечение в промышленное производство металлоносных горючих сланцев Республики Узбекистан.

### Результаты

С целью разработки, технологии переработки горючих сланцев месторождения Актау с извлечением ценных элементов были проведены научно-исследовательские работы, которые включают: изучение минералогического, химического составов, проведение традиционных методов обогащения, гидрометаллургические исследования, определение возможности извлечения ценных элементов из полукокса горючих сланцев. Результаты минералогического анализа представлены табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, сульфиды и продукты их изменения составляют 3,7%; сульфаты 5,4%; порообразующие и др. минералы (силикаты) от 6 до 27%; карбонаты 4,5%; аксессуарные минералы от 0,6 до 1,8%; органические, углеродистые вещества от 13 до 15%. Основная часть горючих сланцев состоит из сложных гидрослюдов. Для изучения химического состава горючих сланцев был проведен анализ методом ICP-MS. Среднее содержание основных ценных металлов в исходной пробе и в полукоксе горючих сланцев приведено в табл. 2.

Исходя из данных таблицы 2, в полукоксе горючих сланцев – продукте окислительного обжига при температуре 850 °С, содержание ценных металлов заметно повышается по сравнению с исходной пробой, г/т: ванадия от 880 до 915, молибдена от 360 до 397, сумма редких элементов от 131,9 до 203,2 и таллия от 12 до 33,1.

С целью возможности обогащения золы проведены эксперименты на концентрационном столе при следующем режиме: частота качаний – 110 ходов в минуту; амплитуда качаний – 11 мм; поперечный наклон деки – 20 мм/м; расход смывной воды – 4,45 л/мм. Для гравитационного

Таблица 1

Результаты минералогического анализа полукокса горючих сланцев месторождения

Кестме 1

Кен орнының жанғыш тақтатастарының жартылай коксын минералогиялық талдау нәтижелері

Table 1

The results of mineralogical analysis of the semi-coke of oil shale deposits

№ п/п	Наименование минералов		Содержание, %
I	Сульфиды и продуктивных изменения:	Пирит	~3,7
		Пирротин	
II	Сульфаты:	Гипс + ангидрит	~5,4
III	Породообразующие идр. минералы (силикаты):	Кварц	18,5
		плагиоклазы (альбит + олигоклаз)	8,0
		Гидрослюды сложного состава (гидромусковит + глауконит и др.)	27,0
		Хлориты + др. хрупкие слюды(маргарит)	6,0
		Минералы гр. волластонита	5,17
IV	Карбонаты:	Кальцит	4,5
		доломит	Ч. зн.
V	Акцессорные минералы	рутил и его разновидности	0,6
		Апатит	~1,8
VI	Органические, углеродистые вещества	Органические, углеродистые вещества	~13,0-15,0

обогащения были подготовлены пробы полукокса с различным классом крупности: -1+0 мм; -0,5+0 мм; -0,315+0 мм. Результаты гравитационного обогащения пробы приведены в табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, при обогащении золы горючих сланцев при различном классе крупности наилучший результат на концентрационном столе был получен при крупности исходной пробы -0,5+0 мм. При данном размере частиц в тяжелую фракцию перешло (%): ванадия 7,6, молибдена 2,46. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение гравитационного обогащения для золы полукокса горючих сланцев является нецелесообразным.

Для определения влияния степени измельчения полукокса на выход класса -0,074+0 мм были проведены опыты в шаровой мельнице типа 40МЛ в течение различного времени. Измельчение осуществлялось при постоянной шаровой загрузке в соотношении Т:Ж:Ш = 1:0,5:8. Измельченные пробы подвергались мокрому грохочению при классе крупности -0,074+0 мм. Полученные данные представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, в полукоксе выход класса крупности -0,074+0 мм исходной золы составил 39,1%, после измельчения в течение 10, 20 и 30 минут – 63,9, 75,2 и 89,0%.

Исследования по флотационному обогащению полукокса проводили в лабораторных флотомашинах марки 240-ФМЛ с объемом камеры 3 л. Навеска исходного материала в опытах составила 1 кг.

Схема флотации включает измельчение золы при разных процентных соотношениях класса крупности -0,074+0 мм, основную флотацию проводили с получением чернового концентрата и хвостов.



Рис. 1. Кривая измельчения полукокса горючих сланцев во времени.

Сурет 1. Жанғыш тақтатастардың жартылай коксын уақыт бойынша ұнтақтау қисығы.

Figure 1. The grinding curve of the semi-coke of oil shale in time.

Далее были проведены опыты с различным соотношением расхода реагента. В табл. 4 приведены результаты с самой высокой степенью извлечения при использовании следующих реагентов: жидкое стекло, таловое масло и керосин. Расходы реагентов составляют: сода – 10 кг/т; жидкое стекло – 1,5 кг/т; таловое масло – 1,0 кг/т; керосин – 1,0 кг/т; Т-92 – 0,06 кг/т.

Как видно из данных табл. 4, при флотационном обогащении полукокса горючих сланцев с использованием талового масла и керосина был получен грубый коллективный черновой концентрат с выходом 3,7% и 4,3%, т.е. наблюдается незначительное повышение содержания металлов во втором опыте, при котором извлечение метал-

Таблица 2

Содержание отдельных элементов (г/т), их кларки концентраций в исходной пробе и в полукоксе горючих сланцев месторождения по данным масс-спектрометрического анализа (ICP-MS)

Кесте 2

Масс-спектрометриялық талдау (ICP-MS) деректері бойынша бастапқы Сынамадағы және кен орнының жанғыш тақтатастарының жартылай кокс құрамындағы әкелеген элементтердің (г/т), олардың кларктарының құрамы

Table 2

The content of individual elements (g/t), their concentration clarks in the initial sample and in the semi-coke of the field's oil shale according to mass spectrometric analysis (ICP-MS)

Элементы	Кларк в земной коре	Исх.	Полукокс	Элементы	Кларк в земной коре	Исх.	Полукокс
<i>Li</i>	32,0	23,0	26,4	<i>Sb</i>	0,5	7,2	0,8
<i>Be</i>	3,8	1,4	1,89	<i>Te</i>	0,001	0,36	0,18
<i>Na</i>	25 000	7800	12 800	<i>Ba</i>	650	860	831
<i>Mg</i>	18 700	17000	14 800	<i>La</i>	29,0	21,0	34,9
<i>Al</i>	80 500	63000	66 600	<i>Ce</i>	70,0	32,0	56,9
<i>K</i>	25 000	13000	15 400	<i>Pr</i>	9,0	3,7	9,4
<i>Ca</i>	29 600	66000	47 600	<i>Nd</i>	37,0	16,0	33,6
<i>Sc</i>	10,0	12,0	11,60	<i>Sm</i>	8,0	4,7	4,6
<i>V</i>	90,0	880	915	<i>Eu</i>	1,3	1,6	1,27
<i>Cr</i>	83,0	95,0	178	<i>Gd</i>	8,0	3,4	6,29
<i>Mn</i>	1 000	610	528	<i>Tb</i>	4,3	0,68	0,784
<i>Fe</i>	46 500	33000	35 200	<i>Dy</i>	5,0	3,6	5,07
<i>Co</i>	18,0	13,0	13,2	<i>Ho</i>	1,7	0,89	1,4
<i>Ni</i>	58,0	220	131	<i>Er</i>	3,3	2,6	2,49
<i>Cu</i>	47,0	77	79,8	<i>Tm</i>	0,27	0,4	0,341
<i>Zn</i>	83,0	130	149	<i>Yb</i>	0,33	3,1	3,16
<i>As</i>	1,7	7,3	0,2	<i>Lu</i>	0,8	0,27	0,291
<i>Se</i>	0,05	8,7	9,3	<i>P</i>	208	131,9	203,2
<i>Sr</i>	340	320	361	<i>W</i>	1,3	1,5	3,05
<i>Y</i>	20,0	26	31,1	<i>Tl</i>	1,0	12,0	33,1
<i>Nb</i>	20,0	7,3	7,18	<i>Pb</i>	16,0	14,0	11,0
<i>Mo</i>	1,1	360	397	<i>Th</i>	13,0	8,6	4,5
<i>Cd</i>	0,13	21,0	5,94	<i>U</i>	2,5	54,0	52,0
<i>Sn</i>	2,5	2,5	0,88				

лов в пенный продукт составило, %: опыт 1: Мо-7,4; V-4,6; опыт 2: Мо-13,1; V-5,7.

Исходя из полученных результатов и многочисленных лабораторных опытов, можно считать, что извлечение ценных компонентов из полукокса горючих сланцев методом флотации не целесообразно и не требует дальнейшего углубленного изучения. С целью извлечения ценных компонентов из золы горючих сланцев проводилось сернокислотное выщелачивание. Выщелачивание осуществлялось в термо-

стойких стаканах и колбах емкостью 0,5 и 1,0 л под тягой. Агитация пульпы проводилась механическим способом.

На первом этапе выщелачивания были проведены опыты при различной концентрации серной кислоты для извлечения металлов, имеющихся в значительных содержаниях в исследуемом полукоксе, такие как: молибден, ванадий, уран и другие.

Выщелачивание проводили при различной концентрации серной кислоты в следующем режиме: классе

Таблица 3

Результаты опытов по обогащению полукокса горючих сланцев на концентрационном столе

Кесте 3

Концентрациялық үстелде жанғыш тақтатастардың жартылай коксын байыту бойынша тәжірибелердің нәтижелері

Table 3

The results of experiments on the enrichment of semi-coke of oil shale at the concentration table

Крупность исходной пробы	Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			V	Mo	V	Mo
-1+0	Концентрат	4,8	0,049	0,061	5,52	3,46
	Промпродукт	42,9	0,057	0,060	57,47	30,21
	Хвосты	52,3	0,030	0,108	37,01	66,33
	Исходная	100	0,043	0,085	100	100
-0,5+0	Концентрат	5,0	0,055	0,05	7,60	2,46
	Промпродукт	42,1	0,038	0,10	44,87	40,21
	Хвосты	52,9	0,032	0,12	47,52	57,33
	Исходная	100	0,036	0,11	100	100
-0,315+0	Концентрат	2,5	0,067	0,05	5,13	1,25
	Промпродукт	30,2	0,041	0,09	37,79	24,08
	Хвосты	67,3	0,028	0,012	57,08	74,67
	Исходная	100	0,033	0,011	100	100

Таблица 4

Результаты флотационного обогащения полукокса горючих сланцев по данным рентген-флуоресцентного анализа

Кесте 4

Рентген-флуоресцентті талдау деректері бойынша жанғыш тақтатас жартылай коксын флотациялық байыту нәтижелері

Table 4

Results of flotation enrichment of semi-coke of oil shale according to X-ray fluorescence analysis

Время измельчения, мин.	Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			V	Mo	V	Mo
Опыт 1						
20	Черновой концентрат	3,7	0,039	0,14	4,6	7,4
	Хвосты	95,9	0,031	0,068	95,4	92,6
	Полукокс	99,6	0,032	0,071	100	100
Опыт 2						
30	Черновой концентрат	4,3	0,04	0,19	5,7	13,1
	Хвосты	94,8	0,031	0,057	94,3	86,9
	Полукокс	99,1	0,031	0,062	100	100

крупности -0,5+0 мм, продолжительность 60 мин, соотношение Т:Ж = 1:5, температура – комнатная. Навеска исходного материала 50 г с 30% добавкой хлористого натрия при обжиге полукокса до получения полукокса. Следует отметить, что ранее проведенные опыты без добавления хлористого натрия не дали положительного результата. Данные при добавлении хлористого натрия, приведенные в табл. 5, показывают возможность перевода молибдена, ванадия и урана из металлоносного полу-

кокса горючих сланцев от 60 до 80% в металлоносный сернокислотный раствор.

Как следует из данных табл. 5, при выщелачивании полукокса горючих сланцев с увеличением расхода серной кислоты степень извлечения металлов в раствор повышается, %: ванадия – от 24,79 до 69,23, молибдена – от 16,92 до 78,68 и урана от 15,16 до 87,30. На основании полученных результатов исследований можно считать, что извлечение ванадия, молибдена и урана из полукокса горючих

Таблица 5  
Результаты выщелачивания исследуемого полукокса горючих сланцев при различной концентрации серной кислоты

Кесте 5  
Күкірт қышқылының әртүрлі концентрациясында зерттелетін жанғыш тақтатас жартылай коксын шаймалау нәтижелері

Table 5  
The results of leaching of the investigated semi-coke of oil shale at different concentrations of sulfuric acid

Наименование реагента	Выход кека, %	Содержание металлов в кеках, г/т			Извлечение в раствор, %		
		V	Mo	U	V	Mo	U
$H_2SO_4$ – 3%	84,0	340	450	76	24,79	16,92	15,16
$H_2SO_4$ – 5%	83,0	290	320	65	37,86	42,77	29,71
$H_2SO_4$ – 10%	93,0	216	202	21	58,69	67,76	79,73
$H_2SO_4$ – 15%	96,0	159	132	13	69,23	78,68	87,30
Исходное содержание элементов в РФА		434	520	86			

сланцев серноокислотным выщелачиванием может быть эффективным и перспективным. В связи с этим, дальнейшие исследования по сорбции ванадия, молибдена и урана планируется провести с использованием различных сорбентов.

### Заключение

В результате проведенных исследований представлены следующие выводы:

1. Данные минералогического анализа показывают, что основная часть горючих сланцев представлена сложными гидрослюдами – 27%, сульфиды и продукты их изменения составляют 3,7%; сульфаты 5,4%; породообразующие и др. минералы (силикаты) от 6 до 27%; карбонаты 4,5%; акцессорные минералы от 0,6

до 1,8%; органические, углеродистые вещества от 13 до 15%.

2. На основе анализа ICP-MS следует, что в золе горючих сланцев после окислительного обжига при температуре 850 °C содержание ценных элементов заметно повышается, г/т: ванадия от 880 до 915, молибдена от 360 до 397, сумма редких элементов от 131,9 до 203,2 и таллия от 12 до 33,1.

3. Традиционные методы обогащения – гравитация и флотация оказались не эффективными для обогащения золы горючих сланцев.

4. При серноокислотном выщелачивании золы горючих сланцев с увеличением расхода серной кислоты степень извлечения металлов в раствор повышается, %: ванадия – от 24,79 до 69,23, молибдена – от 16,92 до 78,68 и урана от 15,16 до 87,30.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стрижакова Ю.А. Горючие сланцы. Генезис, составы, ресурсы: М.: Недра, 2008, С. 192 (на русском языке)
2. Huairong Zhou. Комплексная схема эффективного пиролиза сланца с использованием угля и глубокой переработки пиролизного масла. / Huairong Zhou, Hongwei Li, Runhao Duan, Qingchun Yang. // Энергия. 2020. С. 196 (на английском языке)
3. Морев А.А. Теплотехнические аспекты использования зольных теплообменников в схемах комплексной энерготехнологической переработки сернистых горючих сланцев. / А.А. Морев, А.Н. Мракин, А.А. Селиванов. // Проблемы энергетики. 2015. №5-6. С. 60-65 (на русском языке)
4. Хачатурян В.Г. Опыт и перспективы использования горючих сланцев в промышленности России и за рубежом. // Науки о земле. Известия ТулГУ. 2016. Вып. 3. С. 216-224 (на русском языке)
5. Алимов Р.С., Борминский С.И. Применение сланцевой смолы в качестве флотореагента при флотации сульфидных руд. // Республиканская конференция молодых ученых «Инновационные идеи молодых ученых, геологов и специалистов в развитии минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан», 2010. – С. 70-71 (на русском языке)
6. Алматов И.М. Пути комплексной переработки горючих сланцев месторождения Актау (Узбекистан). / Алматов И.М., Усенов Р.Б., Махмарежабов Д.Б. // Обогащение руд. 2023. №6. С. 28-32 (на русском языке)
7. Умарова И.К. Исследование возможности извлечения сульфидных минералов при комплексной переработке горючих сланцев. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов. // Горный журнал Казахстана. 2021. №10. С. 34-38 (на русском языке)

8. Умарова И.К. Технологические исследования на обогатимость золотосодержащих руд месторождения Кызылалма участка Самарчук. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов, Ш.А. Бердикулов. // Горный журнал Казахстана. 2022. №1. С. 43-48 (на русском языке)
9. Гуро В.П. Жидкостно-экстракционное концентрирование ионов металлов в продуктах переработки горючих металлоносных сланцах. / В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова. // Узбекский химический журнал. 2009. №6. С. 38-41 (на русском языке)
10. Wei Guo. Термическое поведение пиролиза горючих сланцев в условиях низкотемпературного прямого окислительного процесса. / Wei Guo, Qinchuan Yang, Xu Zhang, Shaotao Xu, Sunhua Deng, Qiang Li. // Публикация ACS. 2021. С. 18074-18083 (на английском языке)
11. Исоков М.У., Юсупходжаев А.М., Алимов Р.С., Сомова У.А. Перспективы освоения горючих сланцев Республики Узбекистан. // Материалы научно-практической конференции «Проектирование и научное сопровождение инновационных технологий в добыче и переработке нефти и газа», 2015. – С. 180-186 (на английском языке)
12. Almatov I.M. Перспективность переработки черносланцевых руд с попутным извлечением редких и редкоземельных элементов в Республике Узбекистан. / Almatov I.M., Yusupkhodjaev A.M., Sagdieva M.G., Soatov S.A. // Мировые научные журналы. 2021. Т. 9. Вып. 5. 2021. С. 1937-1940 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Стрижакова Ю.А. Жанғыш тақтатастар. Генезис, құрамдар, ресурстар: М.: Жер қойнауы, 2008, Б. 192 (орыс тілінде)
2. Huairong Zhou. Көмірмен жұмыс істейтін мұнай тақтатастарын тиімді пиролиздеудің және пиролиз мұнайын жоғары құнды конверсиялаудың кешенді схемасы. / Huairong Zhou, Hongwei Li, Runhao Duan, Qingchun Yang. // Энергия. 2020. Б. 196 (ағылшын тілінде)
3. Морев А.А. Күкіртті жанғыш тақтатастарды кешенді энергетикалық өңдеу схемаларында күл жылу алмастырғыштарын пайдаланудың Жылу техникалық аспектілері. / А.А. Морев, А.Н. Мракин, А.А. Селиванов. // Энергетика мәселелері. 2015. № 5-6. Б. 60-65 (орыс тілінде)
4. Хачатурян В.Г. Ресейде және шетелде жанғыш тақтатастарды қолдану тәжірибесі мен болашағы. // Жер туралы ғылымдар. Тулгу жаңалықтары. 2016. Т. 3. Б. 216-224 (орыс тілінде)
5. Алимов Р.С., Борминский С.И. Сульфидті кендерді флотациялау кезінде тақтатастас шайырын флотореагент ретінде қолдану. // «Өзбекстан Республикасының минералды-шикізат базасын дамытудағы жас ғалымдардың, геологтардың және мамандардың инновациялық идеялары» жас ғалымдардың республикалық конференциясы, 2010. – Б. 70-71 (орыс тілінде)
6. Алматов И.М. Ақтау кен орнының жанғыш тақтатастарын кешенді өңдеу жолдары (Өзбекстан). / И.М. Алматов, Р.Б. Усенов, Д.Б. Махмарежабов. // Кендерді байыту. 2023. №6. Б. 28-32 (орыс тілінде)
7. Умарова И.К. Жанғыш тақтатастарды кешенді өңдеу кезінде сульфидті минералдарды алу мүмкіндігін зерттеу. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2021. №10. Б. 34-38 (орыс тілінде)
8. Умарова И.К. Самарчук учаскесінің Қызылалма кен орнының құрамында алтын бар кендерін байытуға арналған технологиялық зерттеулер. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов, Ш.А. Бердіқұлов. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2022. №1. Б. 43-48 (орыс тілінде)
9. Гуро В.П. Жанғыш металл тақтатастарын қайта өңдеу өнімдеріндегі металл иондарының сұйық-экстракциялық концентрациясы. / В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова. // Өзбек химия журналы. 2009. №6. Б. 38-41 (орыс тілінде)
10. Wei Guo. Төмен температуралық кототықтырғыш жағдайлардағы сланец пиролизінің термиялық әрекеті. / Wei Guo, Qinchuan Yang, Xu Zhang, Shaotao Xu, Sunhua Deng, Qiang Li. // ACS басылымы. 2021. Б. 18074-18083 (ағылшын тілінде)
11. Исоков М.У., Юсупходжаев А.М., Алимов Р.С., Сомова У.А. Өзбекстан Республикасындағы мұнай тақтатастарын дамыту перспективалары. // «Мұнай мен газды өндіру мен өңдеудегі инновациялық технологияларды жобалау және ғылыми қамтамасыз ету» ғылыми-практикалық конференциясының материалдары, 2015. – Б. 180-186 (ағылшын тілінде)
12. Almatov I.M. Өзбекстан Республикасындағы сирек және сирек жер элементтерін кездейсоқ өндірумен қара тақтатастас кенін өңдеу перспективасы. / Almatov I.M., Yusupkhodjaev A.M., Sagdieva M.G., Soatov S.A. // Ғаламдық ғылыми журналдар. 2021. Т. 9. Шығ. 5. Б. 1937-1940 (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Strizhakova Yu.A. Goryuchie slantsy. Genezis, sostavy, resursy: M.: Nedra, 2008, S. 192 [Strizhakova Yu.A. Oil shales. Genesis, compositions, resources: M.: Nedra, 2008, P. 192] (in Russian)
1. Huairong Zhou. An integrated scheme of coal-assisted oil shale efficient pyrolysis and high-value conversion of pyrolysis oil. / Huairong Zhou, Hongwei Li, Runhao Duan, Qingchun Yang. // Energy. 2020. P. 196 (in English)
2. Morev A.A. Teplotekhnicheskie aspekty ispol'zovaniya zol'nykh teploobmennikov v skhemakh kompleksnoi energotekhnologicheskoi pererabotki sernistykh goryuchikh slantsev. / A.A. Morev, A.N. Mrakin,

- A.A. Selivanov. // *Problemy energetiki*. 2015. №5-6. S. 60-65 [Morev A.A. Thermal engineering aspects of the use of ash heat exchangers in the schemes of complex energy technological processing of sulphurous oil shales. / A.A. Morev, A.N. Mrakin, A.A. Selivanov. // *Problems of energy*. 2015. №5-6. P. 60-65] (in Russian)
3. Khachatryan V.G. Opyt i perspektivy ispol'zovaniya goryuchikh slantsev v promyshlennosti Rossii i za rubezhom. // *Nauki o zemle. Izvestiya TulGU*. 2016. Vyp. 3. S. 216-224 [Khachatryan V.G. Experience and prospects of using oil shales in industry in Russia and abroad. // *Earth Sciences. News of Tula State University*. 2016. Issue 3. P. 216-224] (in Russian)
  4. Alimov R.S., Borminskii S.I. Primenenie slantsevoi smoly v kachestve flotoreagenta pri flotatsii sul'fidnykh rud. // *Respublikanskaya konferentsiya molodykh uchenykh «Innovatsionnye idei molodykh uchenykh, geologov i spetsialistov v razvitii mineral'no-syr'evoi bazy Respubliki Uzbekistan»*, 2010. – S. 70-71 [Alimov R.S., Borminsky S.I. Application of shale resin as a flotation agent in flotation of sulfide ores. // *Republican Conference young scientists «Innovative ideas of young scientists, geologists and specialists in the development of the mineral resource base of the Republic of Uzbekistan»*, 2010. – P. 70-71] (in Russian)
  5. Almatov I.M. Puti kompleksnoi pererabotki goryuchikh slantsev mestorozhdeniya Aktau (Uzbekistan). / Almatov I.M., Usenov R.B., Makhmarezhabov D.B. // *Obogashchenie rud*. 2023. №6. S. 28-32 [Almatov I.M. Ways of complex processing of oil shales from the Aktau deposit (Uzbekistan). / I.M. Almatov, R.B. Usenov, D.B. Makhmarezhabov. // *Ore enrichment*. 2023. №6. P. 28-32] (in Russian)
  6. Umarova I.K. Issledovanie vozmozhnosti izvlecheniya sul'fidnykh mineralov pri kompleksnoi pererabotke goryuchikh slantsev. / I.K. Umarova, O.G. Khaiitov. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2021. №10. S. 34-38 [Umarova I.K. Investigation of the possibility of extracting sulfide minerals in the complex processing of oil shales. / I.K. Umarova, O.G. Khayitov. // *Mining Journal of Kazakstan*. 2021. №10. P. 34-38] (in Russian)
  7. Umarova I.K. Tekhnologicheskie issledovaniya na obogatimost' zolotosoderzhashchikh rud mestorozhdeniya kyzylalma uchastka Samarchuk. / I.K. Umarova, O.G. Khaiitov, Sh.A. Berdikulov. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2022. №1. S. 43-48 [Umarova I.K. Technological studies on the enrichment of gold-bearing ores of the Kyzylalma deposit of the Samarchuk site. / I.K. Umarova, O.G. Khayitov, Sh.A. Berdikulov. // *Mining Journal of Kazakstan*. 2022. №1. P. 43-48] (in Russian)
  8. Guro V.P. Zhidkostno-ekstraktsionnoe kontsentririrovanie ionov metallov v produktakh pererabotki goryuchikh metallonosnykh slantsakh. / V.P. Guro, M.A. Ibragimova. // *Uzbekskii khimicheskii zhurnal*. 2009. №6. S. 38-41 [Guro V.P. Liquid extraction concentration of metal ions in products of processing of combustible metal-bearing shales. / V.P. Guro, M.A. Ibragimova. // *Uzbek Chemical Journal*. 2009. №6. P. 38-41] (in Russian)
  9. Wei Guo. Thermal Behavior of Oil Shale Pyrolysis under Low-Temperature Co-Current Oxidizing Conditions. / Wei Guo, Qinchuan Yang, Xu Zhang, Shaotao Xu, Sunhua Deng, Qiang Li. // *ACS Publication*. 2021. P. 18074-18083 (in English)
  10. Isokov M.U., Yusupkhodzhaev A.M., Alimov R.S., Somova U.A. Prospects for the development of oil shale in the Republic of Uzbekistan. // *Materials of the scientific-practical conference «Design and scientific support of innovative technologies in mining and processing oil and gas»*, 2015. – P. 180-186 (in English)
  11. Almatov I.M. Perspektivity of black shale ore processing with the incidental extraction of rare and rare earth elements in the Republic of Uzbekistan. / Almatov I.M., Yusupkhodzhaev A.M., Sagdieva M.G., Soatov S.A. // *Global Scientific journals*. 2021. Vol. 9. Issue 5. P. 1937-1940 (in English)

#### Сведения об авторах:

**Хайитов О.Г.**, д-р геол.-минерал наук, профессор, академик Академии наук Турон, заведующий кафедрой «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), [o\\_hayitov@mail.ru](mailto:o_hayitov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7735-5980>

**Алматов И.М.**, доктор философии по техническим наукам, старший научный сотрудник, начальник центра аналитических исследований ГУ «Институт минеральных ресурсов» Университета геологических наук (г. Ташкент, Узбекистан), [ilkhom90@list.ru](mailto:ilkhom90@list.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6614-9487>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Хаитов О.Г.**, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Турон Ғылым Академиясының академигі, Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің «Тау-кен ісі» кафедрасының меңгерушісі Ислам Каримов (Ташкент қ., Өзбекстан)

**Алматов И.М.**, техника ғылымдары бойынша философия докторы, аға ғылыми қызметкер, Геология ғылымдары университетінің «Минералдық ресурстар институты» аналитикалық зерттеулер орталығының бастығы (Ташкент қ., Өзбекстан)

#### Information about the authors:

**Khayitov O.G.**, Dr. geol.-mineral Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences Turon, Head of the Mining Department of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

**Almatov I.M.** PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Analytical Research Center of the State Institution «Institute of Mineral Resources» of the University of Geological Sciences (Tashkent, Uzbekistan)