



ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКТАУ

И.М. Алматов

М.Г. Сагдиева

Ф.А. Бадалов

И.С. Нурмухамедов

С.А. Соатов

ГУ «Институт минеральных ресурсов», Ташкент, Узбекистан
(ilkhom90@list.ru)

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.10393869>

ARTICLE INFO

Received: 08th December 2023

Accepted: 15th December 2023

Online: 16th December 2023

KEY WORDS

Гидрометаллургия, выщелачивание, ванадий, молибден, горючий сланец, лукокс.

ABSTRACT

В данной работе рассматриваются технологии по переработке горючих сланцев с определением параметров термического разложения без доступа кислорода (пиролиз) и гидрометаллургические способы извлечения полезных компонентов. Выщелачивание по извлечению в сернокислотной раствор ценных компонентов, а также селективного извлечения на ионообменные смолы методом сорбции ценных компонентов ванадия и молибдена. Представленные способы не реализованы в промышленном объеме, так как переработка горючих сланцев в Республике не имеется. Проанализированы перспективные технологические схемы переработки золы горючих сланцев. Процесс включает добавление хлорида натрия в процесс термического разложения без доступа кислорода (пиролиз), полученная зола выщелачивается в чанах с серной кислотой 160 г/л, в комнатной температуре, Т:Ж=1:5, продолжительность 60 минут.

Введение. По изученным данным мировой практики [1-5] действующих технологий по переработки горючих сланцев, можно наблюдать что на сегодняшний день (2023 год) действует три технологии в двух странах это «Petroter» и «Enfenit-280» (Эстония), также «Fushun» (Китайская Народная Республика). В работе [6-10] большое внимание уделяется разработке технологии переработки горючих сланцев, при которых извлекается только сланцевая смола, остаточные остатки (зола) используется в строительной индустрии, производстве цементной продукции, дорожных покрытий и др. Надо отметить, что горючие сланцы Республики Узбекистан отличаются по содержанию полезных компонентов.

По данным [11] 1999 года разведанные запасы горючих сланцев Республики Узбекистан огромны и оцениваются в 47 млрд. тонн. Следует отметить, что рядом



ученых Узбекистана [12] проведены исследования по извлечению металлов из горючих сланцев различными химическими методами.

В настоящее время, не имеются разработанные экономически эффективные при переработке подобного «коллективного» концентрата с низкими содержаниями ценных компонентов.

Методы исследования. Для исследования выбран объект горючих сланцев месторождения Актау с утвержденным запасом 1550 млн. тонн. Технологическая проба для исследований отбиралась из шурфа глубиной 27 метров штуфным способом. Мощность пласта, где отбиралась проба составляет 5 метров. Технологическая проба подверглась подготовительным процессам (дробление, измельчение, гранулометрический анализ). После определения вещественного состава технологической пробы горючих сланцев, проведено термическое разложение без доступа кислорода (пиролиз) на установке «Реторта Фишера». Полученная зола при 850°C подвергалась гидрометаллургическому методу разложения. Для определения оптимальных параметров извлечения ванадия и молибдена из золы горючих сланцев месторождения Актау проведено чановое выщелачивание (выщелачивания в специальных кислотостойких чанах) серной кислотой.

Результаты исследований. Проведены исследования по извлечению сланцевой смолы и газов из горючих сланцев термической обработкой без доступа кислорода (пиролиз). Процесс продолжается в течении 3 часов при 850°C. Результаты проведенных исследований приведены в табл.1.

Таблица 1

Результаты термической разложение без доступа кислорода (пиролиз)

№ п/п	Температура, °С	Выход, %		
		Жидкая фаза	Зола	Газовая фаза
1	650	12,8	79,8	7,4
2	700	12,9	79,4	7,7
3	850	13,1	78,8	8,1

Как показывает результаты (табл.1) при температуре 650°C выход жидкой фракции составляет 12,8%, зола 79,8% и газовая фаза 7,4%. При температуре 700°C выход жидкой фракции составляет 12,9%, зола 79,4% и газовая фаза 7,7%. При температуре 850°C выход жидкой фракции составляет 13,1%, зола 78,8% и газовая фаза 8,1%.

Из полученных результатов можно сделать следующее, что термическое разложение без доступа кислорода при температуре 850°C выход жидкой фазы повышается на 0,3% газовая фаза на 0,7% выход золы соответственно уменьшается на 1,0% по сравнению температуры возгорания 650°C.

Для определения химического состава использовались технологическая проба горючих сланцев, представляющие собой тонкоизмельченные равномерно зернистые порошка класс крупностью -0,074+0 мм.



С целью определения полного химического состава золы горючих сланцев месторождения Актау проведен химический анализ. Полученные результаты представлены в табл.2.

Таблица 2

Результаты химического анализа золы горючих сланцев

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
SiO ₂	61,98	K ₂ O	1,42
Fe ₂ O ₃ общ.	5,74	P ₂ O ₅	1,00
TiO ₂	0,62	S _{общ}	2,62
MnO	0,08	ППП	3,47
Al ₂ O ₃	13,9	Сумма	99,96
CaO	7,76	CO ₂	0,35
MgO	3,02	H ₂ O гигроск.	0,44
Na ₂ O	0,97		

Как видно из табл.2 полного химического анализа золы горючих сланцев, основное содержание составляет SiO₂ – 61,98% и Al₂O₃ – 13,9%.

Для оптимизации степени извлечения ванадия и молибдена в раствор при чановом выщелачивании серной кислотой определялось влияние класса крупности измельчение золы и соотношения Т:Ж (твердое: жидкое) степени извлечение.

Класс крупности руды

Исследованы следующие классы крупности: зола; -1; -0,5 и -0,315 при условиях выщелачивания Т:Ж=1:5, H₂SO₄ - 15%, время выщелачивание – 60 мин, температура комнатная.

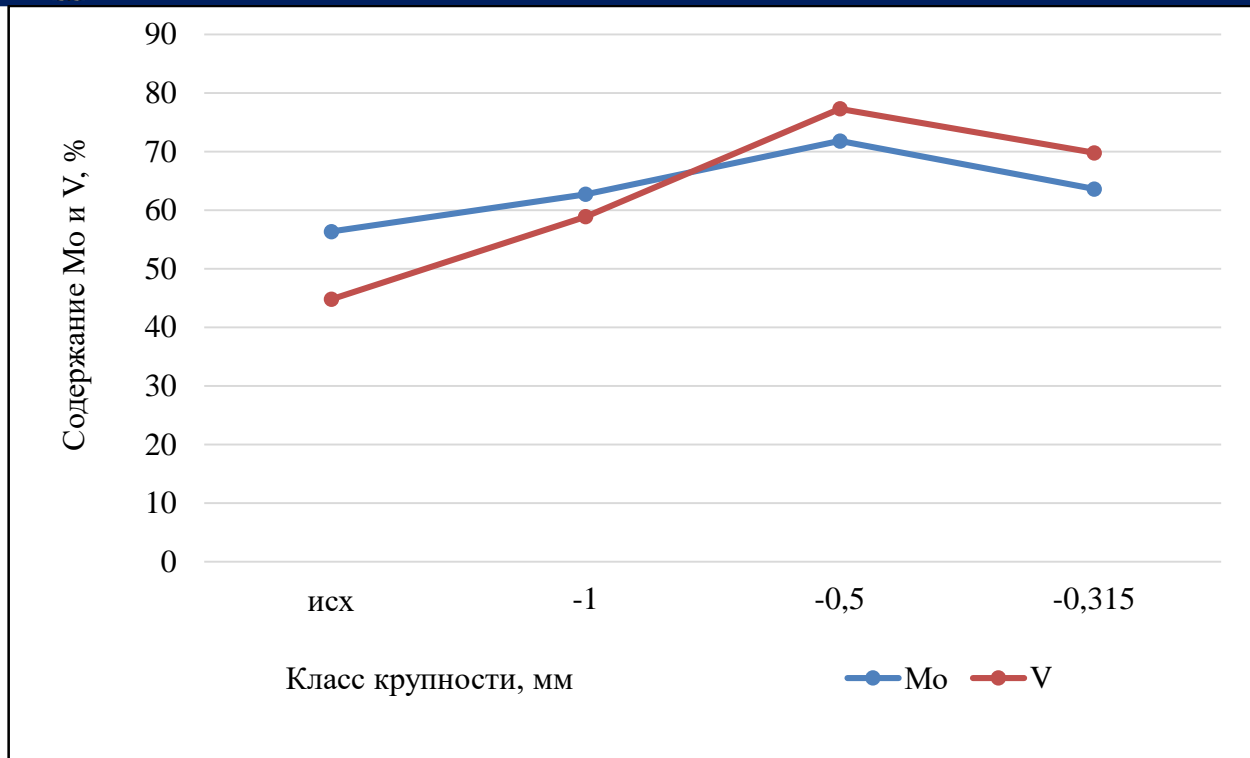


Рис.1. Извлечение V и Mo в раствор при различных классах крупности

Результаты (рис.1) показали, что степень измельчения золы в исследуемых классах влияет на извлечения ванадия и молибдена в сернокислотный раствор, надо отметить, что разница повышения составляет по классам крупности от исходного до - 0,315мм составляет молибдена более 15% и ванадия более 32%. Степень извлечения в раствор составляет в, %: ванадия 44,8; 58,9;77,3; 69,8 и молибдена 56,36; 62,72; 71,81; 63,63 соответственно.

Соотношение Т:Ж (твердое : жидкое)

Для определения влияния Т:Ж на степень извлечения металлов в сернокислотный раствор проводилась выщелачивание при разных Т:Ж и концентрации серной кислоты. Условия выщелачивания: класс крупность – 0,5 мм, время - 60 мин, температура комнатная.

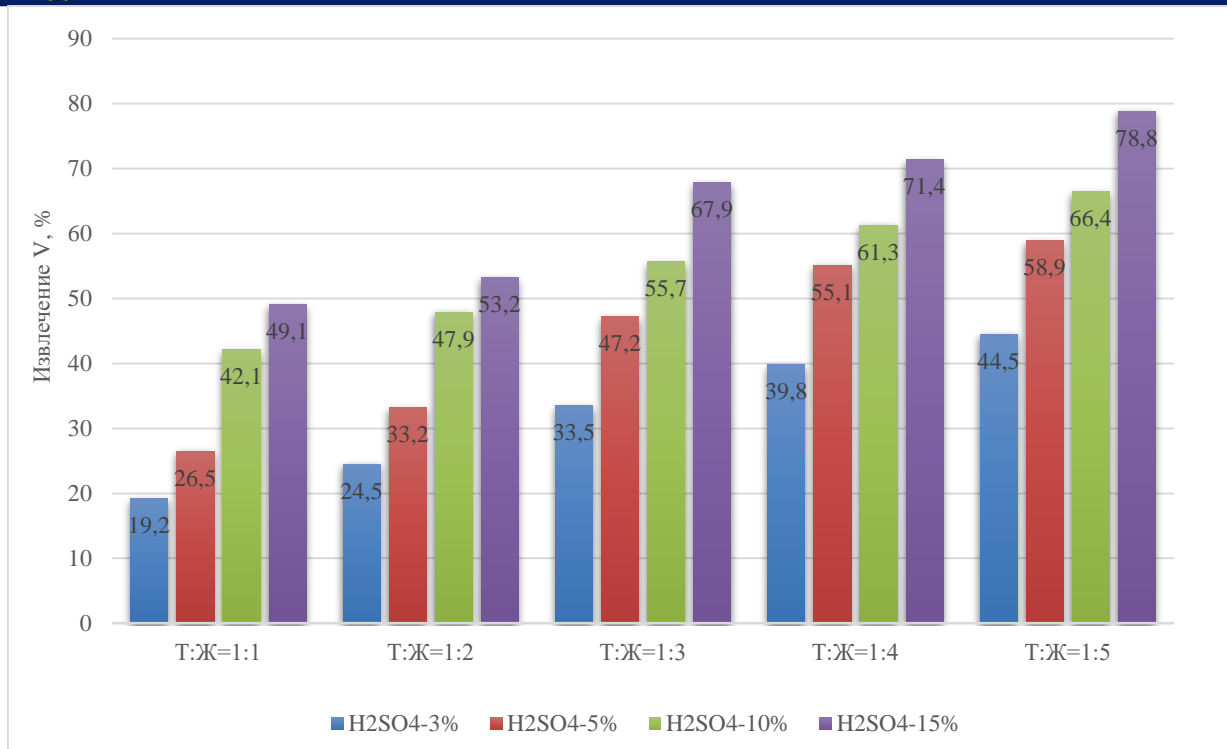


Рис.2. Определение параметров извлечения V в сернокислотный раствор

Как видно (рис.2) при увеличении жидкой фазы к твердой извлечение ванадия и молибдена в раствор увеличивается. Необходимо отметить, что основным рост извлечения ванадия и молибдена происходит в Т:Ж=1:5 (более 75% и 70%), дальнейшее увеличение жидкой фазы не воздействуют на извлечение ванадия и молибдена.

Проведенные исследования в целом показали, что при чановом выщелачивании раствором серной кислоты золы горючих сланцев месторождения Актау в раствор извлекается более 70% ванадия и молибдена соответственно.

По результатам исследования в лабораторных условиях определены оптимальные параметры чанового выщелачивания раствором серной кислотой золы горючих сланцев месторождения Актау, которые составили: концентрация серной кислоты – 160 г/л, класс крупности руды – 0,5мм, время – 60 мин, температура – комнатная и соотношение Т:Ж (твердое: жидкое) = 1:5. Технологическая схема представлена на рис.3.

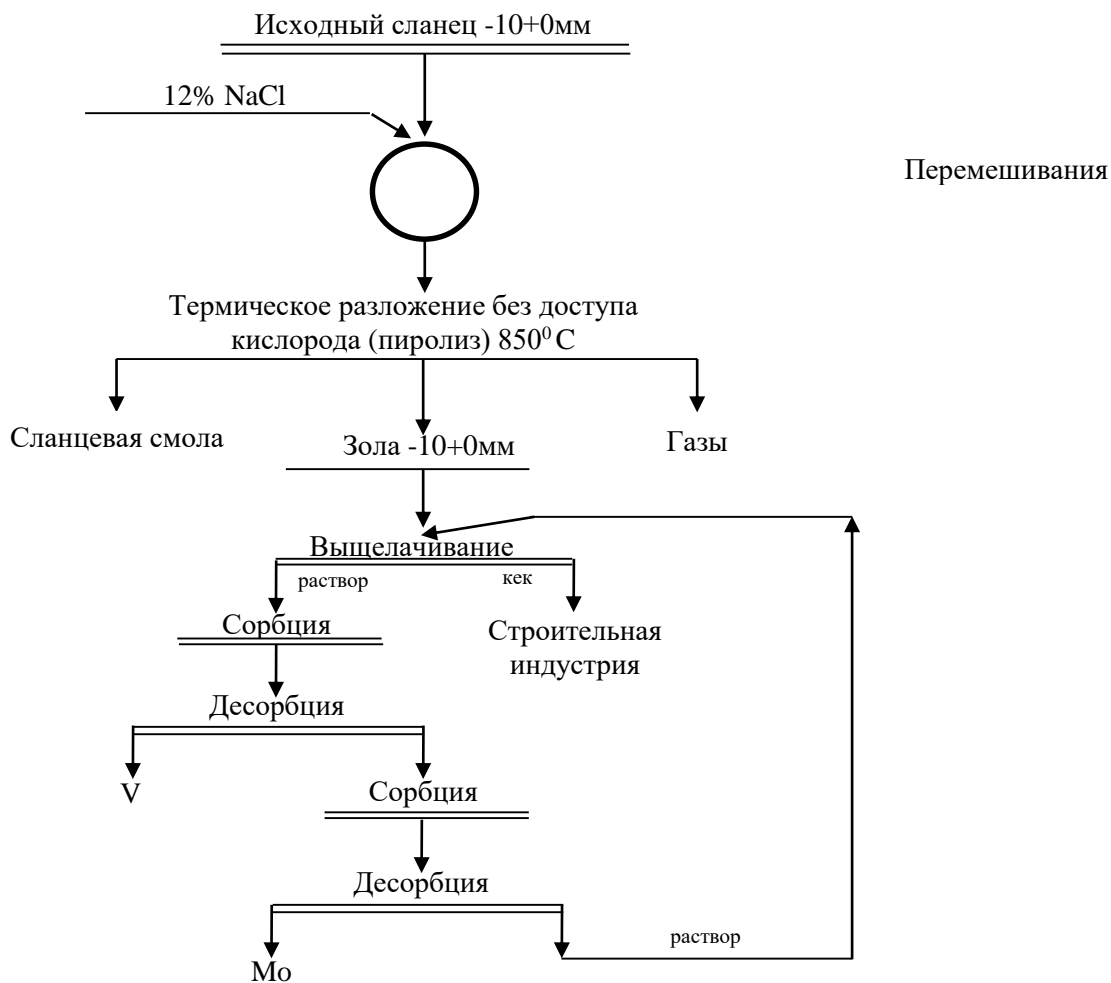


Рис.3. Рекомендуемая технологическая схема переработки горючих сланцев месторождения Актау

Из рис.4 видно, что по рекомендуемой технологической схеме переработки горючих сланцев месторождения Актау представлены этапы включающие: исходный сланец класс крупностью -10+0мм, перемешивание с 12% от исходного хлоридом натрия, термическое разложение без доступа кислорода (пиролиз) при температуре 850° С, остаточная зола после термического разложения поступает в процесс выщелачивания, полученный металлоносный сернокислотный раствор направляется в процесс 1 стадии сорбции и десорбции ванадия после раствор направляется на 2 стадию сорбцию и десорбцию молибдена. Остаточный раствор направляется на оборот. Сквозное извлечения по разработанной технологической схеме получена 13,1% органическая фаза (сланцевая смола), 70,2% ванадия и 64,8% молибдена.

Заключение. На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

По проведенным исследованием изучению действующих технологий в мировой практики определен, что на сегодняшний день (2023 год) действуют три технологии в двух странах это «Petroter» и «Enfenit-280» (Эстония), также «Fushun» (Китайская Народная Республика).



Объектом для исследований выбран горючий сланец месторождения Актау с содержанием органического вещества 13%. Для получения жидкой фракции (сланцевая смола) выбрана технология термического разложения без доступа кислорода (пиролиз) на установке имитирующей процесс Галотер УТТ-3000. В процессе определён оптимальный параметр при температуре 850°C выход жидкой фракции составил 13,1%, зола 78,8% и газовая фаза 8,1%.

Полный химический анализ показывает, что в золе горючих сланцев исследуемой пробы основное содержание составляет: SiO₂ – 61,98% и Al₂O₃ – 13,9%.

Определены оптимальные параметры и на основании чего разработана технологическая схема переработки горючих сланцев месторождения Актау которые содержат: исходный горючий сланец класс крупностью -10+0мм, перемешивания с 12% от исходного хлоридом натрия, термическое разложение без доступа кислорода (пиролиз) при температуре 850°C. Сквозное извлечения по разработанной технологической схемы получен 13,1% органическая фаза (сланцевая смола), 70,2% ванадия и 64,8% молибдена соответственно.

References:

1. Андреев В. Быть новому заводу «Enefit 280» или не быть // Северное побережье. – 2020. С.23-29.
2. Александрова М.В. Японский капитал и его значение в развитии промышленности северо-восточного Китая (конец XIX в. – 1945 г.) // История внешней политики и экономических связей Китая. - 2014. – С. 336-358.
3. Гаранина О.Л., Перспективы добычи сланцевой нефти в США и последствия для мирового рынка нефти // Проблемы национальной стратегии. - 2014. - № 4. - С. 185-204.
4. Иванов Н.А., Сланцевая Америка: энергетическая политика США и освоение нетрадиционных нефтегазовых ресурсов / М. Магистр. - 2014. – С 304.
5. U.S. Energy Information Administration: North America leads the world in production of shale gas. Интернет-ресурс: www.eia.gov.
6. Стрижакова Ю.А. Горючие сланцы. Генезис, составы, ресурсы / М.: Недра. - 2008. – С. 192.
7. Стрижакова Ю. А., Усова Т.В., Ваничкина Т. Н., Жагфаров Ф. Г. Термолиз кашпирских горючих сланцев // Башкирский химический журнал. 2009. Том 16. № 3. – С. 31-33.
8. Морев А.А., Мракин А.Н., Селиванов А.А. Теплотехнические аспекты использования зольных теплообменников в схемах комплексной энерготехнологической переработки сернистых горючих сланцев // Проблемы энергетики. 2015. - № 5-6. – С. 60-65.
9. 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.
10. Патраков Ю.Ф., Писаренко М.В. Перспективы комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Науки о Земле. Известия ТулГУ. 2017. Вып. 3. – С. 240-247.



11. Прохоренко А., Лузановский А., Артемова Н.М. Металлоносные горючие сланцы Республики Узбекистан. – Из-во ФАН РУз. 1999. – С. 153.
12. Евдокимов Л.А., Кудинов А.А., Васильев П.Г. Металлоносные горючие сланцы – источник расширения топливно-энергетического баланса и сырьевой базы радиоактивных и редкоземельных металлов // Горный вестник Узбекистана. 2007. – №1. - С. 21-24.