

Его реализация позволит решить сразу две проблемы: повысить процент использования (утилизации) растворенного (попутного) газа и одновременно увеличить нефтеотдачу пласта.

#### **Выводы**

1. Проведёнными экспериментами в ячейке Хеле-Шоу был воспроизведён процесс неустойчивого вытеснения одной жидкостью другой более вязкой.
2. Получена картина вязких пальцев и визуально представлена их фрактальная структура.
3. Выявлена тенденция развития методов нефтедобычи и рассмотрен метод газового заводнения, который будет активно использоваться в ближайшем будущем.

#### **Литература**

1. Логинов О.А. Диссертация «Особенности неустойчивого вытеснения вязкой жидкости из ячейки Хеле-Шоу при больших числах Пекле» - МГУ имени М.В. Ломоносова, 2011 – 117 с.
2. Федер Е. Фракталы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. -254 с., ил.
3. Шелепов В.В. Новые технологии повышения нефтеотдачи в проектных документах ЦКР Роснедр по УВС// Бурение и Нефть, Ноябрь 2011.

## **ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ И СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ БЕДНОГО МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

Аманбаев Д.Д.  
E-mail: daleramanbayev@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Чегринцев С. Н., ФТИ, кафедра ХТРЭ НИ ТПУ.*

#### **Актуальность работы**

На территории ОАО «Новосибирский Оловянный Комбинат» скопилось более 600 000 тонн отходов, в которых содержание вольфрама достигает 2,5-3 %. При рыночной стоимости металлического вольфрама на рынке 55 000 USD за тонну [1] переработка сырья с низким содержанием вольфрама представляется перспективной и выгодной. В литературе [2] описана возможность рентабельной переработки сырья с 5 % содержанием вольфрама, однако данные исследования проводились в шестидесятых годах XX века. Использование современных методов вскрытия сырья и применение надежного оборудования позволяет снизить эту планку до 1,5 %, то есть делает экономически эффективным использование отходов ОАО «НОК» в качестве сырья для производства вольфрама.

Введение в оборот вторичного сырья – отходов ОАО «НОК» – является альтернативой использованию природных руд, что делает предлагаемую технологию производства вольфрама ресурсоэффективной.

В данной работе рассмотрены технологические аспекты автоклавного содового выщелачивания вольфрамсодержащего сырья с последующим концентрированием металла ионным обменом.

#### **Экспериментальная часть**

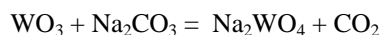
Отходы оловянного производства содержат от 0,5 до 3 % оксида вольфрама(VI). Макрокомпонентами шлаков металлургии олова являются оксиды, железа, кальция, кремния и алюминия; в сырье присутствует сера (табл. 1).

*Таблица 1. Усредненный химический состав отходов оловянного производства ОАО «Новосибирский оловянный комбинат»*

Вещество	Содержание, %					
	Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al	S	WO <sub>3</sub>
Шлак оловянного производства	23,4	13,7	43,4	5,6	0,7	1,8

На сегодняшний день самым эффективным способом вскрытия вольфрама является автоклавное выщелачивание сырья с содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Наряду с высокой степенью извлечения вольфрама, оно требует меньших капитальных вложений [3].

Целью исследования автоклавного извлечения вольфрама в раствор являлось определение времени проведения процесса и соотношения сырья к выщелачивающему раствору. Как отмечено выше, выщелачивающим раствором является концентрированный раствор соды. Нерастворимый оксид вольфрама(VI) переходит в растворимый вольфрамат натрия:



Выщелачивание проводили при 225 °С при постоянном перемешивании со скоростью 60 об/мин.

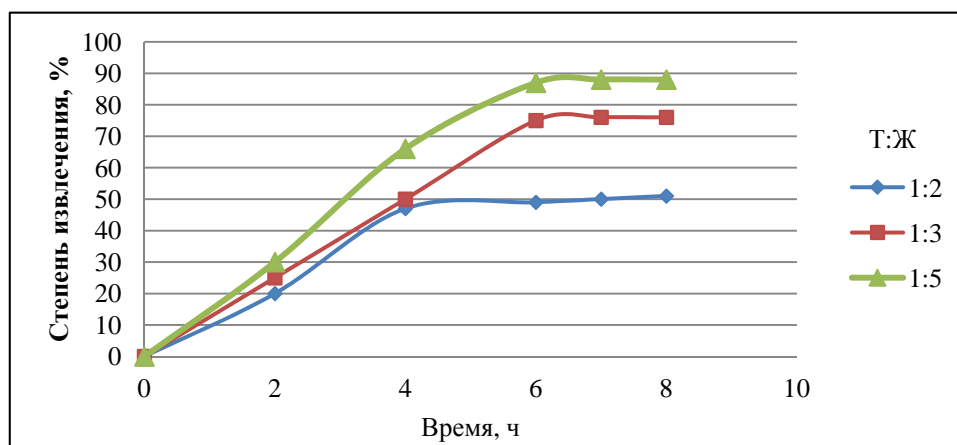


Рисунок 1. Степень извлечения вольфрама в автоклаве концентрированным раствором соды.

Из рисунка 1 видно, что удовлетворительных результатов можно добиться при соотношении сырья к выщелачивающему раствору Т:Ж = 1:5 за 6 часов. По истечении шести часов кривая выходит на плато при степени извлечения вольфрама 87 %. Концентрация вольфрама в продуктивном растворе 2,97 г/л в пересчете на металл.

Помимо вольфрама в раствор из сырья переходят бор, алюминий, сера, кремний, калий, кальций, сурьма. Элементы, содержание которых не превышает 10 мг/л, не указаны (табл. 2).

Таблица 2. Состав продуктивного раствора после выщелачивания.

Элемент	B	Al	S	Si	K	Ca	Sn	W	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Концентрация, мг/л	267	17	834	1374	613	56	159	2970	2180000

Следующим этапом рассматриваемой технологии является извлечение вольфрама из продуктивного раствора выщелачивания. Вольфрам в растворе находится в форме вольфрамат-иона  $\text{WO}_4^{2-}$ . Для его извлечения выбрали метод ионного обмена [4]. В качестве ионнообменных смол выбрали высокоосновные аниониты, широко применяемые в промышленности – АВ-17-8 и Amberjet 4200, так как вольфрамат-ион несёт отрицательный заряд, а среда раствора сильнощелочная.

Исследование сорбции вольфрамат-иона на смоле из сильнощелочных растворов провели в три этапа: сорбция вольфрамат-иона из чистых модельных растворов, сорбция вольфрамат- и карбонат-ионов из продуктивных растворов и сорбция модельных растворов в две стадии. Цель первого этапа – определить оптимальное соотношение количества анионита к раствору (анионит:раствор), тип подвижного иона и емкость смолы по вольфраму. Цель второго и третьего этапов – определить емкость смолы для соответствующих растворов.

В ходе первого эксперимента установили, что большей емкостью по вольфраму обладает анионит АВ-17 – 8 – 42,5 кг/м<sup>3</sup> против 32 кг/м<sup>3</sup> для Amberjet 4200. По этой причине дальнейших исследований на смоле Amberjet 4200 не проводили.

Для первой части исследования приготовили модельный раствор вольфрамата натрия  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  концентрацией 3 г/л по вольфраму. Установили, что оптимальным соотношением анионит:раствор является 1:8. Из рисунка 2 видно, что увеличение объема анионита в 4 раза дает незначительный

выигрыш в степени извлечения – 2,7%, однако значительно увеличивает материальные затраты на анионит.



Рисунок 2. Выбор оптимального соотношения анионит:раствор.

Определение подвижного иона, обеспечивающего максимальную емкость по вольфраму, проводили на том же модельном растворе вольфрамата натрия при соотношении анионит:раствор – 1:8. Зарядку анионита АВ-17-8 проводили хлорид-, нитрат-, гидроксид- и сульфат-ионами в течение суток. Из рисунка 3 видно, что наибольшей равновесной емкостью по вольфраму – 588,26 кг W на 1 м<sup>3</sup> смолы – обладает анионит, заряженный ионом хлора.



Рисунок 3. Равновесная емкость анионита АВ-17-8 по вольфраму для различных подвижных ионов.

Сорбция вольфрама из продуктивных растворов показала, что емкость смолы по вольфраму уменьшается на порядок – 15,6 кг/м<sup>3</sup>. Более того, присутствие карбонат-ионов смещает равновесие сорбции в сторону свободных ионов, то есть ионы CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> при сорбции вытесняют ион WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> из фазы ионита в раствор. Поскольку карбонат-ион препятствует сорбции вольфрама, было решено провести ионный обмен в две стадии с сорбцией CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> на первой и WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - на второй. В результате третьего эксперимента установили, что емкость ионита по вольфраму после очистки раствора от карбонатов увеличилась до 42 кг на 1 м<sup>3</sup> смолы.

## Результаты

1. Параметры автоклавного выщелачивания: температура 225 °С, перемешивание 60 об/мин, соотношение Т:Ж = 1,5; время 6 часов.
2. Оптимальное соотношение анионит:раствор – 1:8 с ионом хлора Cl<sup>-</sup> качестве подвижного;
3. Решено проводить сорбцию в два этапа. При этом емкость анионита АВ-17-8 по вольфраму в продуктивных растворах выщелачивания достигает 42 кг/м<sup>3</sup>.

## Список использованной литературы

1. <http://www.infogeo.ru/metalls/worldprice>
2. Практика обогащения руд цветных и редких металлов том 4 Обогащения руд редких металлов. Т. 4: Обогащения руд редких металлов / М. А. Фишман, Д.С. Соболев. — М. : Госгортехиздат, 1963. — 712 с. : ил. — Библиогр. в конце гл.
3. B. D. Pandey, V. Kumar, D. Bagchi, R. K. Jana // Min. Proc. and Extract. Metal. Rev., v. 22, № 1, p. 101-120, (2001).
4. Зеликман А. Н., Коршунов Б. Г. Металлургия редких металлов: учебное пособие. – М.: Металлургия, 1991. –431 с.

## ИМПЕРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРАВ ГРАЖДАН В СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ФЕДЕРАТИВНОЙ РЕСПУБЛИКИ ГЕРМАНИЯ

Дорошенко О.В.  
E-mail: HWBEK@sibmail.com

*Научный руководитель: Дукарт С.А., к.и.н, доцент, место работы: Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет*

Экологическое право Германии носит более императивный характер, чем в Российской Федерации. Требования и запреты, содержащиеся в германском экологическом законодательстве, строго соблюдаются каждым, что обеспечивается высоким уровнем экологического правосознания нынешнего поколения, эффективным воплощением программного принципа правового государства и, конечно же, неотвратимостью наказания за экологические правонарушения. В Уголовном кодексе Германии [1] также нашли отражения нормы, регулирующие отношения в сфере экологических преступлений. Раздел двадцать девятый включил в себя такие параграфы: «Загрязнение водоема», «Загрязнение почв», «Загрязнение воздуха» «Особо тяжкий случай наказуемого деяния против окружающей среды» и др. Административные правонарушения в сфере экологического права предусмотрены другими законами ФРГ об окружающей среде. Например, глава 10 Закона «Об охране природы и охране ландшафта» предусматривает штрафные санкции и инструкцию их применения за экологические правонарушения [2].

Кроме того, в Германии существует отдельный закон, посвященный экологической проверке (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG). В нем закреплены нормы, регулирующие стратегическую экологическую проверку при планировании ландшафта, путей сообщения, инструкции при проведении проверки, ответственность за нарушения экологических требований, а также другие правовые предписания [3].

Несмотря на приемлемость императивного метода в экологическом праве, нужно учитывать не только его имманентность публично-правовым отношениям, а также иметь в виду несовершенство или, может быть, недостаток эффективных регуляторов рыночного типа в условиях российской современной экономики, где запретительно-обязывающая регуляция, несмотря на продуктивность государственного принуждения в области защиты природы, сохраняется, едва ли не единственным