

воздействием низких температур. При этом происходит увеличение размеров пор в сорбенте, приводящее к увеличению его поглотительной способности.

В табл. 3 представлены характеристики исходной и модифицированной СКО.

**Таблица 3.** Характеристики исходного и модифицированного сорбента

СКО	Поглощение $\text{Cu}^{2+}$ , %
Исходная	92,5
Модифицированная	94,8

## ОБРАБОТКА ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА РУДЫ В ПЛАЗМЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.И. Кокорина, А.Я. Пак

Научный руководитель – к.т.н., н.с. А.Я. Пак

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, aik48@tpu.ru, ayarak@tpu.ru*

Вольфрам важен для различных областей науки и техники, в частности, в качестве катализатора различных реакций, компонента твердосплавных элементов для режущего и бурового инструмента. Физико-механические и электрохимические свойства карбида вольфрама делают его востребованным на протяжении многих десятилетий: высокая прочность, термостойкость, твердость, низкий коэффициент трения, химическое сопротивление против коррозии и окисления [1–2]. Высокие цены на сырье и ограниченность ресурсов, а также стремление к оптимизации технологических цепочек, как и забота об экологической обстановке заставляют развивать область переработки твердых сплавов и руд, содержащих вольфрам и карбид вольфрама. Разработка простых способов извлечения вольфрама или карбида вольфрама (наиболее дорогих компонентов) из вольфрамовой руды является весьма актуальной задачей [2]. В настоящее время популярно получение карбида вольфрама в плазме дугового разряда постоянного тока [3], в то же время развивается направление прямого получения карбида вольфрама из вольфрам-содержащих руд [5].

В данной работе был проведен электродуговой синтез карбида вольфрама из вольфрамового концентрата руды (Джидинского месторождения). Фазовый состав концентрата руды представлен в Таблице 1:

Серия экспериментов по переработке рудного концентрата проводилась на электродуговом лабораторном стенде. При соприкосновении

графитовых электродов (анод – в форме цилиндрического стержня, катод – в форме тигля, в который был насыпан исходный порошок рудного концентрата) инициировался дуговой разряд, в плазме которого и происходил синтез. По осциллограммам тока и напряжения определялась зависимость электрической мощности разряда от времени, которая позволила определить количество подведенной энергии для каждого эксперимента путем интегрирования функции мощности по времени. Высокие температуры, достигаемые в плазменном факеле, позволяют согласно диаграмме состояний обеспечивать условия, пригодные для синтеза кристаллических фаз карбидов вольфрама и других структур. В ходе анализа полученных образцов методом рентгеновской дифрактометрии (рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 7000s,  $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ) было установлено, что в порошковом продукте синтеза содержатся карбиды вольфрама WC и  $\text{W}_2\text{C}$ . Наличие одновременно двух фаз карбида вольфрама WC и  $\text{W}_2\text{C}$  говорит о незавершенности процесса синтеза карбида вольфрама WC, что требует в дальнейшем повышения энергетических параметров системы и необходимости добавления в исходный рудный концентрат порошка углерода (например, графита или сажи). Данная работа показывает возможность реализации прямой переработки рудного концентрата в порошковый материал, содержащий карбид вольфрама. На данном этапе не ясны пути выделения синтезируемых фаз карбида вольфрама из продукта синтеза, содер-

**Таблица 1.** Фазовый состав вольфрамового концентрата руды

$\text{MnWO}_4$	$\text{CaWO}_4$	$\text{CaF}_2$	$\text{FeWO}_4$	$\text{FeS}_2$	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	Прочие
48,3	5,4	4,4	15,3	1,8	17,3	1,9	1,5	

жащего множество кристаллических структур в своем составе, в частности, графит.

Благодарности: исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект №19-79-00086.

### Список литературы

1. Zaitsev A.A., Vershinnikov V.I., Konyashin I., Levashov E.A., Borovinsraya I.P., Ries B. // *International Journal of Self-Propagating High-Temperature*, 2015.– 24.– №3.– P.152–160.
2. Kovalenko V., Kotok V. // *Materials Science*, 2017.– 1/5.– №85.– P.53–58.
3. Pak A.Ya., Mamontov G.Ya. // *Technical Physics Letters*, 2018.– V.44.– №7.– P.615–617.
4. Kuz'michev E.N. *Preparation of Tungsten Carbide from Scheelite Concentrate using Concentrated Energy Fluxes* // E.N. Kuz'michev, S.V. Nikolenko, D.I. Balakhonov / *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2018.– T.52.– №4.– С.619–623.

## ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕ В ПРОЦЕССЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

В.А. Легантьева, Н.И. Попова  
Научный руководитель – к.х.н. Ю.С. Глязнецова

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова  
Институт естественных наук

677000, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского 58, veralegatyeva@mail.ru

В работе представлены экспериментальные данные по изучению особенностей распространения нефтезагрязнения в мерзлотных почвах и его трансформации в процессе биологической очистки на территории нефтебазы, расположенной в Алданском районе Республики Саха (Якутия).

Материалом для исследования послужили пробы почв, отобранные в 2017 и 2018 гг. с участка нефтебазы, на котором в 2017 г. проводились экспериментальные исследования по биологической очистке почв с применением биопрепарата на основе микроорганизмов-нефтедеструкторов. Пробы отбирались с разных глубин (Н, см) от 0 до 30 см до (в начале июня) и после обработки почв биопрепаратом (в конце августа).

Все исходные пробы почв по химическому составу характеризуются как нефтезагрязненные, максимальная концентрация НП установлена на глубине 30 см. После очистки по всем горизонтам наблюдается тенденция снижения концентрации нефтепродуктов ( $C_{НП}$ ) (табл. 1). Степень деструкции нефтезагрязнения ( $K_{дестр.}$ ) составила от 52 до 76% (табл. 1).

Снижение концентрации НП сопровождалось изменением химического состава почвенных экстрактов. В структурно-групповом составе почвенных экстрактов после очистки значительно увеличилось содержание кислородсодержащих соединений, на что указывают относительные спектральные коэффициенты поглощения эфирных связей  $D'_{1170}$  и карбонильных групп  $D'_{1700}$  и  $D'_{1740}$  (табл. 2).

В групповом компонентном составе также произошли изменения: уменьшилось содержание углеводородных (УВ) компонентов и увеличилось содержание смол и асфальтенов (табл. 1). Установленные изменения свидетельствуют о биохимическом окислении НП в результате очистки. На глубине 30 см изменений в составе почвенных экстрактов не наблюдается, пробы характеризуются как нефтезагрязненные (табл. 1, 2).

В июне 2018 г. были отобраны контрольные пробы почв с экспериментального участка. Было установлено, что содержание НП в почвах по всем горизонтам значительно увеличилось по сравнению с августом 2017 г., максимальная концентрация НП была установлена на глубине 10–20 см (табл. 1).