маций грунта и сохранить ее целостность. Учитывая тот факт, что при сейсмических подвижках земной коры возможны очень сильные горизонтальные и вертикальные деформации грунтов, это поможет предупредить множественные порывы трубопроводов и катастрофические последствия для окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреева, Е.В.* Разработка методики оценки несущей способности подземных магистральных трубопроводов в сейсмически опасных зонах [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: http://www.dissercat.com/content/razrabotka-metodiki-otsenki-nesushchei-sposobnosti-podzemnykh-magistralnykh-truboprovodov-v-Seismic risk and onshore pipeline portion of Sakhalin Energy investment company's Sakhalin-II Phase 2 project: unanswered questions.- Moscow, 2004, 64 pages. http://www.maccaferri.ru /main/ projects/projects_history/sahalin_2.

2. Шаммазов А. М., Мугаллимов Ф. М., Нефедова Н. Ф. Подводные переходы магистральных нефтепроводов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 237 с.: ил. - ISBN 5-8365-0049-5.

3. *Бурков П.В., Буркова С.П., Тимофеев В.Ю., Калмыкова К.Г.* Исследование напряженно-деформированного состояния участка магистрального газопровода методом конечных элементов в условиях осадки слабосвязных грунтов // Вестник КузГТУ. 2013. № 3. С. 12-15.

□ Авторы статьи

Бурков
Петр Владимирович.
докт.техн.наук, проф. . каф. общей электротехники и автоматики (Томский гос. архитектурно-строительный университет).
Email: burkovpv@mail.ru

Буркова
Светлана Петровна,
доцент каф. начертательной геометрии и графики (Национальный исследовательский Томский политехнический университет).
Email: burkovasp@tpu.ru.

Тимофеев
Вадим Юрьевич,
доцент каф. горно-шахтного оборудования (Юргинский технологический институт (филиал) НИ ТПУ,
Email: tv-ytitpu@mail.ru

Оздоев
Косум Алаудинович.
магистрант. (Национальный исследовательский Томский политехнический университет)
Email: burkovpv@mail.ru

Ащеулова
Алиса Алексеевна.
студент гр. 519 (Томский Государственный архитектурно-строительный университет),
тел. 8 (3822) 652237

УДК 628.3+678

Ю.Ф. Патраков, Г.А. Мандров, А.В. Шиляев

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ БАРЗАССКОГО САПРОМИКСИТОВОГО УГЛЯ

Твердые горючие ископаемые (торф, бурые и каменные угли, горючие сланцы, сапропелиты) обладают огромным химическим потенциалом, который пока используется ограниченно в силу сложного строения данного органического сырья и затратных технологий переработки. В настоящее время только 1-2% добываемого угля используется непосредственно химической промышленностью, 15-20% - потребляет металлургический комплекс и около 75-80% угля направляется на производство энергии. Существенное повышение добычи угля в стране, наряду с возрастанием роли угля в энергетике и повышением доли экспорта, должно сопровождаться и значительным увеличением доли его нетопливного потребления. Получение из твердых горючих ископаемых индивидуальных веществ, пригодных для использования в промышленности, представляет интерес [1].

На территории Кузбасса расположено Барзасское месторождение энергетически низкосортных сапромикситовых углей, которое в настоящее время не разрабатывается. Однако при соответствующей переработке эти угли могут быть источником ценных химических и углеводородных продуктов [2]. Одним из таких путей является использование в качестве исходного сырья гуминовых кислот, выделяемых с большими выходами из выветрелых разновидностей сапромикситов. По современным представлениям [3] гуминовые кислоты относятся к классу веществ, характеризующихся нестехиометричностью состава и нерегулярностью строения. Поскольку гуминовые кислоты являются водонерастворимыми высокомолекулярными веществами, то для использования в качестве реагентов представляется целесообразным снизить их молекулярную массу. Ранее было показано, что буроугольные гуминовые кислоты электрохимическим методом легко окисляются до низкомолекулярных соединений [4].

Установлено [5], что в структуре барзасского

сапромикситового угля преобладают алифатические фрагменты, в макромолекулах они соединены между собой гетероатомными связями, среди которых преобладают простые эфирные связи. Известно, что алифатические соединения с эфирными связями способствуют образованию межмолекулярных взаимодействий в структурированных системах, что особенно важно, например, при флотационном обогащении угля, очистке сточных и оборотных вод угледобывающих и обогатительных предприятий.

Для проведения лабораторных исследований отобран образец выветрелых сапромикситов (плитчатый уголь «рогожка»), имеющий следующие показатели (масс. %): влага - 8,0; зольность - 23,5; выход летучих веществ - 47,3; содержание углерода - 82,0; водорода - 8,3.

Соли гуминовых кислот выделяли механоактивационной обработкой [6], затем с помощью прекурсора переводили в гидрогели свободных гуминовых кислот.

Электрохимическое окисление проводили в окислительно-восстановительной системе в типовой ячейке в едином пространстве между катодом и анодом из платины при контролируемой постоянной плотности тока и с фоновым электролитом аналогично [4]. Окисление гуминовых кислот проходит без образования смолистых веществ.

Хроматограммы продуктов окисления гуминовых кислот снимали на хроматографе Agilent 6890N/5973 Inert с капиллярной колонкой HP-5MS (5% дифенил – 95% диметилглиоксан). Размеры колонки 30м × 0,25мм; газ-носитель – гелий. Хроматограф оснащен масс-спектрометрическим детектором той же фирмы. В результате электрохимического окисления гуминовых кислот были получены низкомолекулярные соединения с известной молекулярной массой и строением (табл.).

Таблица 1. Компонентный состав продуктов электрохимического окисления гуминовых кислот барзасского сапромикситового угля.

№ п.п.	Время удерживания, мин.	Название компонентов
1	2,182	Этилацетат.
2	2,658	Диметоксиамин.
3	2,801	Диэтоксиметан.
4	3,754	1,1-Диэтоксиэтан.
5	5,134	Гидроксиэтиловый эфир уксусной кислоты.
6	5,396	2,4-Диметил-1,3-диоксан.
7	6,396	2-Метоксиэтанамин.
8	7,301	Этиловый эфир хлоруксусной кислоты.
9	8,801	3-Амино-1-пропанол.
10	10,849	2-Оксопропановая кислота.
11	13,634	4-Аминобутановая кислота.
12	16,992	Аминопентанол.

Как видно из таблицы, гуминовые кислоты, выделенные из выветрелого сапромикситового угля, окисляются до алифатических соединений преимущественно с кислородсодержащими функциональными группами.

Таким образом, на основании проведенных исследований показано, что сложные угольные субстанции стохастического характера способны электрохимически окисляться без осмоления до химических соединений с простой и известной структурой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Патраков Ю.Ф.* Состояние и перспективы процессов глубокой переработки углей. // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. - Т. 13. - № 4. - С. 593-597.

2. *Патраков Ю.Ф.* О возможных путях комплексной переработки низкосортных углей и углеотходов Кузбасса. / Ю.Ф. Патраков, Н.И Федорова // Уголь. 2000. - № 2. - С. 60-61.

3. *Перминова И.В.* Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века. // Химия и жизнь - XXI век. 2008. - № 1. - С. 50-55.

4. *Мандров Г.А.* Электрохимическое окисление буроугольных гуминовых и фульвовых кислот. // Кокс и химия. 2011. - № 6. - С. 30-32.

5. *Патраков Ю.Ф.* Структурная модель органического вещества барзасского липтобиолитового угля. / Ю.Ф. Патраков, О.Н. Федяева // Химия твердого топлива. 2004. - № 3. - С. 13-20.

6. *Мандров Г.А.* Получение гуминовых кислот различного природного происхождения. // Естественные и технические науки. 2013. - № 2. - С. 371-373.

□ Авторы статьи:

Патраков Юрий Федорович, докт. хим.наук, зав. лаб. научных основ технологий обогащения угля Института угля СО РАН, e-mail: yupat@icc.kemsc.ru

Мандров Герман Александрович , канд. хим. наук, ст.научный сотр. лаб. угольного машиноведения Института угля СО РАН, e-mail: yupat@icc.kemsc.ru

Шиляев Алексей Валентинович , вед. инженер лаб. научных основ технологий обогащения угля Института угля СО РАН, e-mail: yupat@icc.kemsc.ru.