

Схема 3.

дукты были получены с высокими выходами (75–90%).

Кроме того, нами получены координационные соединения с ионами меди. Комплексы были синтезированы по реакции бис(3,4,5-пиразол-1-ил)алканов с солями меди (хлоридом и нитратом) (схема 2).

По данным рентгеноструктурного анализа бис-(3,4,5-пиразол-1-ил) метан и бис-(3,4,5-пи-

разол-1-ил) пропан образуют хелатные комплексы, в то время как бис-(3,4,5-пиразол-1-ил) бутан образует координационный полимер (схема 3).

Экспериментальное определение супероксиддисмутазной активности комплексов меди в неферментативной системе феназинметаскль-фат-никотинамиддинуклеотид показало, что полученные в нашей работе координационные соединения обладают СОД-активностью.

Список литературы

1. Potapov A., E. Nudnova, G. Domina, L. Kirpotina, M. Quinn, A. Khlebnikov, and I. Schepetkin, "Synthesis, characterization and potent superoxide dismutase like activity of novel bis(pyrazole) – 2,2'-bipyridyl mixed ligand copper (II) complexes", *Dalton Trans.*– issue 23.– P.4488–4498.
2. J.L. Kane Jr., B.H. Hirth, B. Liang, B.B. Gourlie, S. Nahill, G. Barsomian. *Ureas of 5-amino-pyrazole and 2-aminothiazole inhibit growth of gram-positive bacteria* // *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2003.– Vol.13.– P.4463–4466.
3. A.S. Potapov, G.A Domina, A.I. Khlebnikov, V.D. Ogorodnikov. *Facile Synthesis of Flexible Bis(pyrazol-1-yl)alkane and Related Ligands in a Superbasic Medium* // *European Journal of Organic Chemistry*, 2007.– P.5112–5116.

ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТОВ – ОДНО ИЗ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ ПРИ ТРАНСПОРТЕ ПО ТРУБОПРОВОДУ В ЗОНЕ АРКТИКИ

А.Г. Антонов

Научн. руководитель – к.б.н., доцент., с.н.с. Л.И. Сваровская

Институт химии нефти СО РАН
Россия, г. Томск, sli@ipc.tsc.ru

В нефтяных дисперсных системах формирование гидратов происходит при реакции растворенного в нефти попутного газа с эмульгированной в нефти водой [1]. Газогидраты в природных условиях образуются при высоком давлении и низкой температуре при транспорте нефти по трубопроводу, проложенному в холодном подводном окружении арктической зоны [2, 3]. Гидраты представляют собой класс клатратных твердых соединений в которых каркас, об-

разованный молекулами воды, заполнен газами либо легколетучими жидкостями (рис. 1) [4].

Полевые наблюдения показали, что некоторые потоки воды, газа и сырой нефти не образуют гидратов (hydrateplugs) даже в пределах термодинамических условий их образования [5]. Результаты позволяют предположить, что способность нефтей формировать газогидратные пробки может быть связана с продуктами метаболизма, которые образуются при биодеструк-

ции углеводородов нефти. В работе исследована вероятность образования газогидратов нативной и биодegradированных нефтей Ханты-Мансийского месторождения. Биодegradацию нефти проводили в водной среде. Изменение состава нефтей в процессе биодegradации углеводородов (УВ) исследовали методом ИК – спектрометрии. Определен компонентный состав сырой нефти (ХМ) и после биодеструкции в течение 30 (ХМ30) и 60 (ХМ60) суток. Для эксперимента были подготовлены обратные эмульсии В/Н с содержанием нефти 50 % масс. В работе исследованы переохлаждения, требуемые для образования гидрата метана и льда из эмульсий воды в нефти от +20 до –15 °С и давлении 12 МПа. Для каждой из эмульсий ХМ нуклеация гидрата метана была исследована на 24 образцах. Образование гидрата и льда регистрировалось по экзотермическим эффектам на линии охлаждения и по эндотермическим эффектом на линии нагрева. Эффекты, которые можно отнести к разложению гидрата метана были зарегистрированы только в экспериментах с биодegradированными нефтями. Образование гидрата в эмульсиях нативной нефти ХМ не зафиксировано. Таким

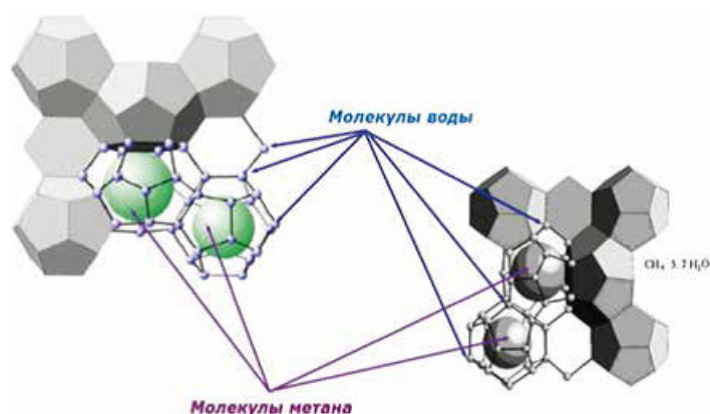


Рис. 1. Схема молекулярного строения газогидратов (Из статьи А.М. Мастепанова, 2015)

образом, изменение состава нефти в результате ее биодegradации приводит к увеличению вероятности нуклеации гидрата и льда по сравнению с сырой нефтью.

Исследование потенциала ИК-спектрометрического анализа уровня биодegradации и изменения физико-химического состава нефти является важным показателем склонности к образованию газогидратов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 17-17-01085 2017-2019 г.г. «Кинетика образования и диссоциации газовых гидратов в нефтяных средах»

Список литературы

1. Hammerschmidt E.G. Formation of Gas Hydrates in Natural Gas Transmission Lines // *Ind. Eng. Chem*, 1934.– V.26.– №8.– P.851–855.
2. Perrin A., Musa O.M., & Steed J.W. (2013). The chemistry of low dosage clathrate hydrate inhibitors. *Chemical Society Reviews*, 42(5), 1996-2015.
3. Borgund A.E., Høiland S., Barth T., Fotland P., Askvik K.M. Molecular analysis of petroleum derived compounds that adsorb onto gas hydrate surfaces // *App. Geochem.*, 2009.– V.24.– P.777–786.
4. Мастепанов А.М. Газогидраты как энергоноситель будущего: достигнутые результаты, проблемы и предстоящие задачи // *Экологический вестник России*, 2015.– №4.– С.20–29.
5. Høiland S., Askvik K.M., Fotland P., Alagic E., Barth T., Fadnes F.J. Wettability of freon hydrates in crude oil/brine emulsions // *Colloid Interface Sci.*, 2005.– V.287.– P.217–225.