

Анализ перспектив использования технологий и сотрудничества с компаниями Китая в области очистки нефти от хлорорганических соединений¹

ENG

А.Е. Лестев, к.и.н., antonlestev@mail.ru
/Институт демографических исследований
ФНИСЦ РАН, г. Москва/

В статье рассматривается динамика и изобретательская активность китайских компаний в сфере разработки технологий очистки нефти от хлорорганических соединений. Проведен анализ направленной изобретательской активности основных разработчиков. Актуальность работы определяется современной ситуацией, характеризующейся санкционным давлением на Россию, в результате которого необходимо как разрабатывать отечественные технологии, так и привлекать китайские разработки для замещения европейских и американских технологий. Целью работы является поиск и анализ китайских разработок в области очистки нефти от хлорорганических соединений. Выявлены 16 китайских патентов, определены потребительские требования, динамика изобретательской активности и основные решаемые технические задачи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтехимическая промышленность КНР, загрязнение нефти хлорорганическими соединениями (ХОС), технологии по удалению ХОС из нефти, дехлорирование нефти, смешение дехлорирующего реагента с нефтью, увеличение глубины очистки нефти от ХОС, способ удаления хлоридов в нефти с применением тиосульфата натрия, удаление ХОС из тяжелых нефтей, удаления ХОС ультразвуковой обработкой, Китайский опыт по разработке технологий удаления ХОС

Analysis of Prospects for the use and Cooperation With Chinese Companies in the Field of Technologies for the Elimination of Organochlorine Compounds

A.E. Lestev, PhD /Institute on Demographic Research, FSRSC at RAS, Moscow/

The article discusses the dynamics and inventive activity of Chinese companies in the development of technologies for the elimination of organochlorine compounds in oil. The analysis of the directions of inventive activity and the developers was carried out. The relevance of the study is determined by the current situation of sanctions pressure on Russia, as a result of which Russia needs to both develop its own technologies and attract Chinese developments to replace European and American technologies. The purpose of the study is to search for and analyze Chinese developments in the field of removal of organochlorine compounds. 16 Chinese patents have been identified, consumer requirements, the dynamics of inventive activity and the main technical problems have been identified.

KEY WORDS: petrochemical industry in People's Republic of China, oil pollution with organo-chlorine compounds (OCC), technologies to remove OCC from oil, chlorides removal from oil, mixing of chlorine-removing agent with oil, increasing the depth of oil purification from OCC, method to remove petroleum chlorides using sodium thiosulfate, removal of OCC from heavy oil, removal of OCC by ultrasonic treatment, Chinese practical design experience in the area of OCC removal technologies

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-00276, URL: <https://rscf.ru/project/24-28-00276/>

В условиях санкционного давления и технологической блокады стран Европы и США актуальным представляется расширение сотрудничества с Китаем. Анализ китайских технологий позволит охарактеризовать возможности расширения торгово-экономического и научно-технического российско-китайского сотрудничества и применения результатов этого сотрудничества на территории России с целью решения комплекса внутренних проблем, направленных на поддержание ресурсного и экологического баланса.

Современные предприятия нефтехимической промышленности КНР – это Sinopec, PetroChina, Donghua Energy, North Huajin Chemical, Hengyi Petrochemical, Rongsheng Petrochemical, Shanghai Petrochemical, Shandong Hualu-Hengsheng Chemical, Weixing Petrochemical. В первые десятилетия после 1949 года нефтехимическая промышленность Китая развивалась в условиях экономической и культурной отсталости, но с началом проведения политики «реформ и открытости» КНР превратилась во вторую в мире державу по производству и потреблению продуктов нефтехимии [1]. К концу 2021 г. на территории Китая насчитывалось 355 291 предприятие, связанное с нефтехимической отраслью. Лидеры среди провинций по количеству предприятий: Шаньдун (41 531), Шэньси (31 605) и Гуандун (26 789) [1]. Интенсивная химизация процессов нефтедобычи и рост производства нефтепродуктов привели к тому, что Китай столкнулся с сопутствующими проблемами нефтепереработки, в том числе загрязнением нефти хлорорганическими соединениями (ХОС).

ХОС являются коррозионно-активными загрязнителями нефти, приводящими при перегонке к увеличению скорости коррозии оборудования и пассивации катализаторов риформинга. Так, переработка нефти с ХОС может оказать отрицательное воздействие на работу ректификационной колонны, установок каталитического крекинга, риформинга, гидрирования [2].

Таким образом, актуальным представляется поиск и разработка технологий по удалению ХОС из нефти. Китайские нефтяные и нефтехимические компании разработали свои технологии.

На основе целей и задач исследования были определены параметры поиска, сформированы поисковые запросы. Отбор патентных документов осуществлялся на основании анализа описания технического решения и параметров, указанных в примерах его реализации. Были выявлены требования потребителей, на которые опирались разработчики при формулировке решаемых задач, определены тенденции к изменению требований за последние годы. Отобранные патентные документы были систематизированы.

Результаты и обсуждение. Изучение тенденций развития технологий очистки нефти от ХОС на основе отобранных патентных документов позволило опреде-

лить основную техническую задачу – увеличение глубины дехлорирования нефти, а также дополнительные задачи: обеспечение полного смешения и взаимодействия дехлорирующего реагента с нефтью, повышение скорости процесса, его упрощение и снижение стоимости, повышение энергоэффективности.

Увеличение глубины очистки нефти от ХОС достигается главным образом путем добавления дехлорирующего реагента, в состав которого входят катализатор фазового переноса, основное соединение и растворитель, способствующие преобразованию ХОС в неорганические хлориды.

Существует тенденция к использованию в качестве катализатора фазового переноса четвертичных аммониевых соединений, а также полиэтиленгликоля. Наиболее широкое распространение в качестве основного соединения получили органические амины и неорганические основные соединения, легко растворимые в воде (оксиды, гидроксиды, карбонаты, алкоголяты щелочных и щелочноземельных металлов). Растворитель может быть представлен гидрофильным органическим растворителем (метанол, этанол) или его смесью с водой.

Как правило, процесс удаления ХОС включает стадию промывки нефти водой, поэтому для отделения нефтяной и водной фаз добавляется деэмульгатор. Так, способ удаления хлоридов в нефти с применением тиосульфата натрия, представленный в CN110577841, предполагает следующие стадии: нефть смешивается с водой и медленно и равномерно перемешивается для того, чтобы растворить соли, содержащиеся в нефти; осуществляется введение деэмульгатора и тиосульфата натрия и смешение в течение 30 минут с образованием нефтяной смеси; смесь направляется в дистиллятор, в условиях высокой температуры и в присутствии водяного пара хлориды подвергаются гидролизу, после завершения реакции гидролиза продолжается нагрев до 120–150 °С для обезвреживания нефти с удалением хлоридов и связанных примесей из нефтяной смеси.

Характерным этапом разработки нефтяных месторождений является изменение структуры запасов нефти в сторону увеличения доли трудноизвлекаемых запасов, поэтому особое внимание разработчиков уделяется способам удаления ХОС из тяжелой нефти и нефтепродуктов. Компаниями China Petroleum & Chemical Corporation и Sinopec Research Institute of Petroleum Processing предложен способ удаления ХОС, который подходит для очистки даже тяжелых нефтей (патент CN102127464). Способ заключается в том, что нефть смешивается с деэмульгатором, основным соединением, агентом фазового переноса и водой, затем при нагревании и/или воздействии электрического поля происходит разделение нефти и воды. Дехлорирующий реагент компании Industry of Forest Products of the Chinese Academy of Forestry

(патент CN103484155) способствует снижению ХОС в мазуте с тысяч до десятков ppm. При этом реакция может протекать при температуре ниже 110 °С. Способ реализуется в два этапа: добавление дехлорирующего реагента и растворителя в мазут в соотношении «мазут/дехлорирующий реагент/растворитель – 100/(2–5)/(20–40)» и разделение полученной реакционной массы. Дехлорирующий реагент выбирается из метилата натрия, цинковой пыли, гидроксида натрия, безводного ацетата натрия, мочевины и силиката натрия, в качестве растворителя используют диметилсульфоксид, N,N-диметилформамид, тетрагидрофуран и дистиллированную воду.

Для достижения высокой степени очистки нефти необходимо обеспечить эффективное взаимодействие дехлорирующего реагента с ХОС путем равномерной подачи и полного смешивания химического реагента и нефти. Компанией Xiamen Yongxin Technology Co., Ltd разработано устройство CN207775150. Смешение нефти и реагента происходит в аппарате с верхнеприводной мешалкой, при этом введение реагента осуществляется распылением с помощью форсунок узла подачи. Более интенсивное и полное перемешивание достигается за счет применения циркуляционного насоса. Согласно техническому решению CN109181759 компании Ningbo ZhongXun Environmental Protection Technology Co., Ltd. повышение эффективности удаления ХОС может быть достигнуто путем ультразвуковой обработки смеси с частотой 20–100 кГц в течение 10–60 минут после стадий дехлорирования и добавления воды.

Оценка динамики патентной активности по годам показывает, что пик изобретательской активности наблюдался в 2017 г. Проведенный патентный поиск позволил выделить 16 китайских патентов, относящихся к теме. Всего было выявлено 27 патентов заявителей из разных стран. Распределение патентов следующее: 16 патентов – у Китая, 6 – у Японии, 5 – у России, 2 – у США, 2 европейские заявки, 1 международная заявка и по 1 – у Великобритании и Индии. Таким образом, китайские запатентованные технологии составляют

больше половины изобретений в области очистки нефти от ХОС в мировом масштабе.

В ходе анализа были выявлены ведущие разработчики в области очистки нефти от ХОС. Китайские компании – патентообладатели технологий ликвидации ХОС: China Petroleum & Chemical Corporation (CN109439362, CN203545944, CN102433154, CN102127464, CN103571521), Maglev Oil (CN110577841, CN110408422), Xi'an YONGXIN Electronic technology Co. Ltd. (CN109868155, CN207775150), Jiang Xuhui (CN109337710), Ningbo ZhongXun Environmental Protection Technology Co., Ltd. (CN109181759), Liu Shuqin (CN206591084), Institute of Chemical Industry of Forest Products of the Chinese Academy of Forestry (CN103484155), Shenyang University of Technology (CN102492458), Cangzhou Xinchang Chemical Corporation (CN101899321), Sinopec Research Institute of Petroleum Processing (CN102127464, CN103571521).

Наиболее часто производители решают следующие задачи: увеличение глубины дехлорирования, обеспечение полного смешения и взаимодействия химреагента с нефтью. Также становятся актуальными задачи по увеличению скорости процесса и проведению реакции при более мягких условиях.

Использование китайских технологий и опыта российских и китайских подрядчиков оказало значительное влияние на развитие нефтегазовой отрасли Вьетнама [3]. Таким образом, взаимодействие России с азиатскими странами положительно сказывается на экономическом развитии всех стран-партнеров.

В настоящее время Китай является ключевым партнером России в области поставки активных основ для нефтепромысловых химреагентов [4], а также реагентов для бурения [5].

Китайский опыт по разработке технологий очистки нефти от ХОС может быть полезен для предприятий российской нефтяной отрасли. Китайские патенты можно использовать в качестве прототипов для разработки собственных усовершенствованных технологий. Возможно также использование данных технологий на условиях лицензионного договора.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. 预见2022：《2022年中国石油化工行业全景图谱》(附市场现状、竞争格局和发展前景等)。 – <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1723812334143772319&wfr=spider&for=pc>
2. Li, X. Hazards of Organic Chloride to Petroleum Processing in Chinese Refineries and Industrial Countermeasures / X. Li, B. Wu, J. Zhu // Progress in Petrochemical Science. – 2018. – Vol. 2(3). – P. 204–207.
3. Хоай, Ч.Т.Т. Прошлое, настоящее и будущее нефтяной и газовой промышленности Вьетнама / Ч.Т.Т. Хоай, А.Е. Лестев // Современные востоковедческие исследования. – 2021. – Т. 3. – № 2. – С. 262–269.
4. Лестев, А.Е. Торгово-экономическое сотрудничество России и Китая в области нефтепромысловой химии / А.Е. Лестев, С.Б. Макеева // Казанское востоковедение. – 2023. – Т. 1 (2). – № 1. – С. 67–71.
5. Лестев, А.Е. Китайско-российское взаимодействие в области химии для добычи нефти / А.Е. Лестев, С.Б. Макеева // Россия – Китай: история и культура: сборник статей и докладов участников XIV Междунар. научно-практ. конф. – Казань: АН РТ, 2021. – С. 156–158.