ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ И ОЧИСТКИ ВОДЫ

HIGH-EFFICIENT NANOTECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR ENVIRONMENTAL RECYCLING AND WATER TREATMENT

УДК 665.6, ВАК 02.00.13

Б.Павлов / priem.pavlov.@gmail.com*
*B.Pavlov**

Современные разработки российских компаний и их зарубежных партнеров позволяют выводить на рынок высокоэффективное оборудование по переработке всех видов отходов и очистке воды, созданное на основе нанотехнологий и наноматериалов. Данное оборудование в сочетании с умными технологиями (Smart technology – программные продукты, системы управления, решения для информационной безопасности), позволяют создавать высококонкурентные когнитивные системы, отвечающие экологическим требованиям российского законодательства.

Up-to-date developments of Russian companies and their foreign partners allow to bring to market high-performance equipment for processing of all types of waste and water treatment based on nanotechnologies and nanomaterials. This equipment, combined with smart technology (software products, management systems, solutions for information security), allow to create the highly competitive cognitive systems that meet environmental requirements of the Russian legislation.

Безусловно, современные системы по переработке отходов и очистке воды востребованы во всех отраслях экономики страны и имеют стабильный, перспективный рынок, формируя новый сектор современного высокотехнологичного производства. Принимая во внимание важнейшую экологическую задачу по охране всех видов природных ресурсов от негативных воздействий, крупные пилотные проекты целесообразно реализовывать в нефтегазовой отрасли России, современная стратегия развития которой предусматривает максимальное использование всех полезных компонентов при добыче и переработке нефти и газа с обеспечением защиты экологии на предприятиях. Системная реализация данного направления стратегии должна опираться на приоритетное создание отечественной высокоэффективной комплексной системы по экологической переработке (КСПО) всех видов отходов, которые формируются на всех этапах цикла деятельности предприятий нефтегазовой отрасли – от нефтедобычи до нефтепереработки с учетом современных требований к техносферной безопасности, в том числе водных ресурсов, почвы, биосферы.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

С точки зрения экологической и экономической эффективности, создаваемые КСПО должны функционировать на основе рециркуляции всех видов отходов, сопутствующих деятельности предприятий нефтегазовой отрасли, включая отработанные и загрязненные нефтью отходы (нефтешламы), а также сопутствующие промышленно-бытовые отходы (ПБО), с получением в результате их переработки конкурентных продуктов и услуг, востребованных

* КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева (Казань) / Tupolev KNRTU-KAI (Kazan)

в деятельности самих предприятий и обеспечивающей их инфраструктуры.

Важным объединяющим фактором для всех видов отходов является то, что нефтешламы и ПБО содержат наборы компонентов, сортировка и переработка которых малорентабельна и нецелесообразна, особенно в удаленных районах Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока. Например, нефтешламы содержат твердые примеси крупного и мелкого размера, образующие стойкую не расслаивающуюся эмульсию и т.п., что делает нерентабельным процесс их разделения, причем большинство стандартных методов регенерации нефтешламов не справляются полностью с поставленной задачей. В области ПБО в экономически развитых странах мира трендом является переработка до 70–80% отходов без сортировки с когенерацией тепла и электричества, а также (в небольшом объеме) получением материалов для строительства.

Таким образом, в основе концепции создания высокоэффективной КСПО для предприятий нефтегазовой отрасли должны лежать инновационные технологии, обеспечивающие переработку отходов без предварительной сортировки с получением тепла, электричества и строительного материала, а также решение экологических задач на современном уровне. Данным требованиям отвечает инновационно-

Б.П.Павлов, заслуженный экономист Российской Федерации и Республики Татарстан, вице-президент Нанотехнологического общества России, профессор КНИТУ-КАИ

B.P.Pavlov, honored economist of Russian Federation and Republic of Tatarstan, Vice-President of Nanotechnological Society of Russia, Professor of KNRTU-KAI

инвестиционный проект "Высокоэффективная комплексная система по экологической переработке отходов в нефтегазовой отрасли" (рис.1), который сформирован на основе инновационных технологий и оборудования.

Инновационная технология по переработке всех видов отходов (нефтешламов, промышленных, бытовых) основана на высокотемпературной плавящей газификации и имеет ряд отличий от других газифицирующих или пиролитических процессов. Высокотемпературная переработка отходов не нуждается в предсортировке сырья и относится к циклам закрытого типа, что устраняет все экологические опасности, связанные

Undoubtedly, up-to-date systems for waste processing and water purification are in demand in all sectors of the economy and have a stable, promising market, establishing a new sector of modern high-tech production. Taking into account the most important environmental problem of the protection of all natural resources from the negative impacts, it is reasonable to realize large pilot projects in the oil and gas industry, whose development strategy provides maximum utilization of all useful components in the extraction and processing of oil and gas with protection of ecology in enterprises. Systematic implementation of this strategy should be based on the priority creation of a domestic high-performance complex system for environmental processing (CSWP) of all types of waste at all stages of the cycle of activity of the enterprises of the oil and gas industry – from oil production to refining taking into account modern requirements of technosphere safety, including water resources, soil, biosphere.

ENVIRONMENTAL WASTE PROCESSING

From the point of view of environmental and economic performance, created CSWP should operate on the basis of recycling all types of waste, which accompany the operation of the oil and gas industry, including oil-polluted waste (sludge), and related industrial and domestic waste (IDW), with obtaining of competitive products and services that are in demand in the operation of the enterprises and their infrastructure.

An important unifying factor for all types of waste is that the oil sludge and IDW contain components, sorting, and processing of which are not profitable and impractical, particularly in remote areas of Western and Eastern Siberia and the Far East. For example, the oil sludge contains solid impurities of large and small size that form a persistent emulsion, etc., making unprofitable process of their separation, and most of the standard methods of regeneration of

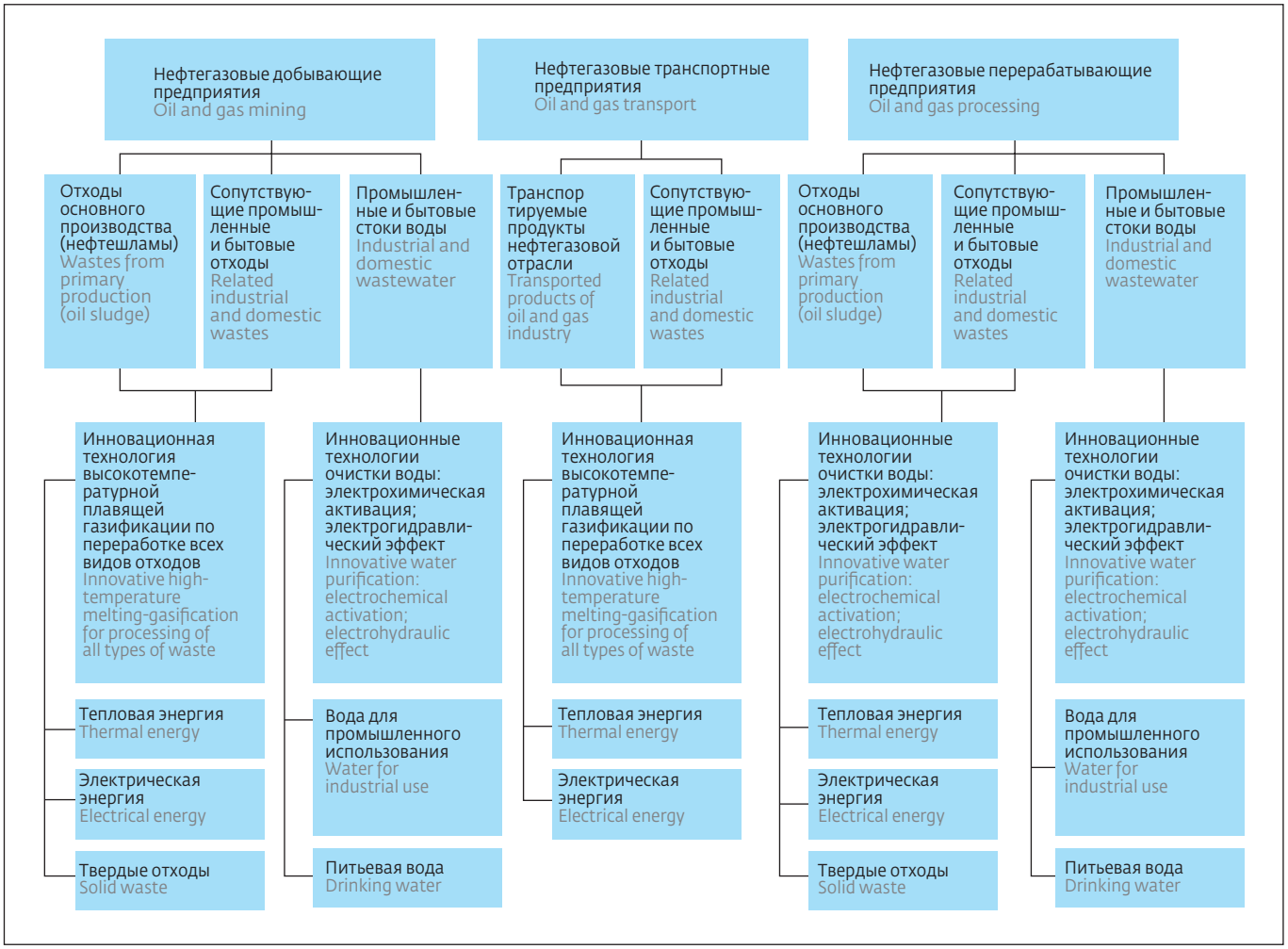

Рис.1. Комплексная система по экологической переработке отходов (КСПО) для предприятий нефтегазовой отрасли России
Fig.1. Complex system of environmental waste processing (CSWP) for oil and gas industry

oil sludge can not cope with the task. In economically developed countries, the trend is recycling of 70–80% of the IDW without sorting with cogeneration of heat and electricity, as well as (in small amount) with obtaining of materials for construction.

Thus, the concept of creating highly effective CSWP for the oil and gas industry should be based on innovative technologies, providing processing of wastes without preliminary sorting to produce heat, electricity and building material, as well as solving environmental problems at the present level. Innovative investment project "Highly efficient complex system of environmental waste processing for oil and gas industry" (Fig.1), which is formed on the basis of innovative technologies and equipment, meets these requirements.

Innovative technology for processing of all types of waste (oil sludge, industrial, domestic) is based on high temperature melting-gasification, and has a number of differences from other gasification or pyrolysis processes. High temperature processing of waste does not need pre-classifying of raw materials and is a cycle of the closed type, which eliminates all environmental risks associated with waste management. The only requirement is that the waste must comply with the size of the input window and must have a valid humidity. Mineral and metal contaminations are not only permitted, but encouraged.

Gasification is carried out mainly using technical oxygen and sometimes – water vapor. Depending on the factory size and characteristics of raw materials the processing efficiency reaches 75–80%.

The treated waste pass the following stages of processing at atmospheric pressure in

с переработкой отходов. Единственное требование состоит в том, что отходы должны проходить в приемное окно установки и иметь допустимую влажность. Минеральные и металлические включения не только допускаются, но и приветствуются.

Газификация осуществляется, в основном, с помощью технического кислорода, а иногда – водяного пара. В зависимости от размера фабрики и характеристик сырья эффективность переработки составляет 75–80%.

В прямоточном шахтовом реакторе атмосферного давления обрабатываемые отходы (рис.2) проходят следующие этапы обработки: сушку, пиролиз, газификацию, частичное окисление, окисление, частичное окисление и восстановление. Газификация осуществляется в восстанавливающей атмосфере при температурах 1500–2000 °С. Большая часть углеводородов разлагается уже в реакторе газификатора, что делает практически невозможным первичное образование диоксинов и фуранов. Органические компоненты отходов при опускании вниз по топочной колонне подвергаются пиролитической декомпозиции, обогащая топочный газ. Этот пиролитический газ подается в высокотемпературную область, где он почти полностью конвертируется с помощью кислорода в качестве газификатора. Органические компоненты разлагаются в низкомолекулярные соединения при температурах около 2500°С.

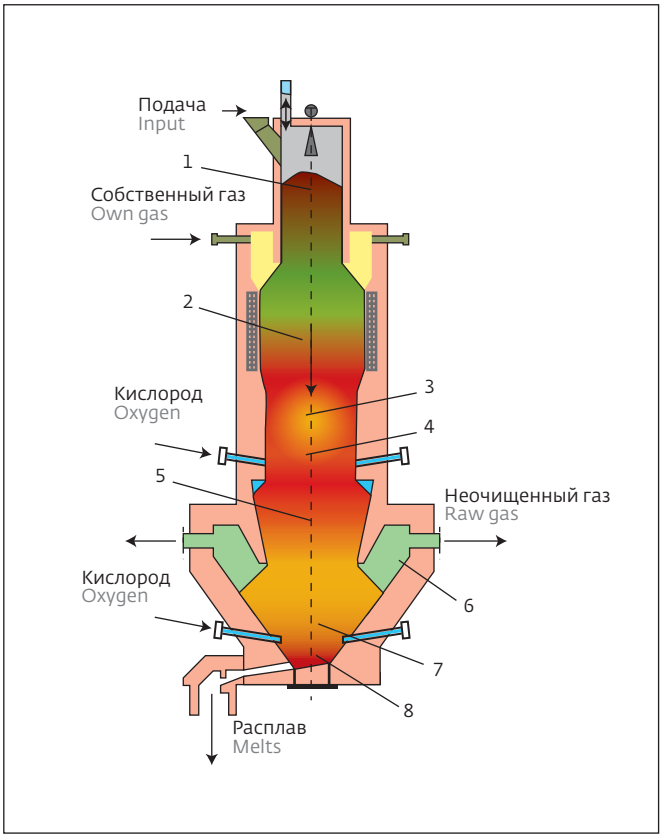

Рис.2. Система высокотемпературной плавящей газификации: 1 – сушка; 2 – пиролиз; 3 – газификация; 4 – окисление; 5 – восстановление; 6 – всасывание; 7 – окисление; 8 – плавка.

Fig.2. High-temperature melting-gasification system: 1 – drying; 2 – pyrolysis; 3 – gasification; 4 – oxidation; 5 – reduction; 6 – suction; 7 – oxidation 8 – melting

the direct-flow reactor: drying, pyrolysis, gasification, partial oxidation, oxidation, partial oxidation and reduction (Fig.2). Gasification is performed in a reducing atmosphere at temperatures of 1500–2000 °C. A large part of the hydrocarbons is decomposed already in the reactor, making it virtually impossible the primary formation of dioxins and furans. When lowering down in the reactor column, the organic components of the waste are subjected to pyrolytic decomposition, enriching the flue gas. This pyrolysis gas is fed into high temperature area, where it is almost completely converted with oxygen as a gasifier. Organic compounds are decomposed into low molecular weight compounds at temperatures of about 2500°C.

Through the use of oxygen as the primary gasifier, a low content of nitrogen oxides (NO_x) in the synthesis gas and the high calorific value of the latter (2–3 kWh/m^3) are achieved. In conditions of destruction of organic materials and passivation, as well as of the concentration of inorganic materials, the hazardous substances are destroyed and recycled.

Thus, after the processing of waste using high temperature melting-gasification, virtually complete lack of products that require further disposal is achieved, i.e., dust and smoke are not produced in the environment. End products are gas, heat, stone, metal (Fig.3).

The offered technology and equipment allow to implement four main options for the use of the produced synthesis gas:

- burning with water heating, electricity generation by the steam turbine;
- production of heat and electricity using combined system;

Этапы высокотемпературной плавящей газификации
Stages of high-temperature melting-gasification

Температура, °C Temperature, °C	Процесс Process
< 100	Сырье и дополнительные вещества загружаются при температуре окружающей среды и нормальном давлении Raw materials and additional substances are loaded at ambient temperature and normal pressure
100–200	Сушка сырья, удаление сопутствующей воды Drying of raw materials, removal of associated water
250	Восстановление, сероочистка, удаление впитанной влаги и углекислоты, деполимеризация, начало разложения H_2S Reduction, desulphurization, removal of absorbed moisture and carbonic acid, depolymerization, beginning of decomposition of H_2S
340	Крекинг алифатических связей, начало отделения CH_4 и других алифатов Cracking of aliphatic linkages, beginning of separation of CH_4 and other aliphates
380	Коксование Coking
400	Распад C-O и C-N связей, отделение гетероатомов Decomposition of C-O and C-N bonds, separation of heteroatoms
400–600	Конвертация битума Conversion of bitumen
> 600	Крекинг битума до термостабильных субстанций (короткоцепочечных газообразных углеводородов), синтез ароматических углеводородов Cracking of bitumen to thermally stable substances (short-chain gaseous hydrocarbons), synthesis of aromatic hydrocarbons
800–1200	Газификация: синтез N_2/NH_3 и H_2S/COS; галогены полностью в газообразной форме (как хлориды щелочных металлов или HCl) Gasification: synthesis of N_2/NH_3 and H_2S/COS; halogens are completely in gaseous form (as chlorides of alkaline metals or HCl)
1200–2000	Образование минерального расплава. Полное разложение ароматических углеводородов, HCN и органических хлоридов, образование сажи Formation of mineral melt. Complete decomposition of aromatic hydrocarbons, HCN and organic chlorides, soot formation
2000–2700	Образование железо-металлического расплава. Начало молекулярной диссоциации, нижняя плазменная область Formation of iron-metal melt. Beginning of molecular dissociation, lower plasma region

- partial conversion to methanol with associated heat generation during the synthesis;
- transfer of processed gas to outside consumers.

The project envisages the creation of two variants of reactors with a capacity of 10,000 tons/year and 20,000 tons/year. Gasifying line consists of two reactors, and waste processing can continue even if you stop one of them for service. Thus, the gasifying capacity of the line is 20,000 or 40,000 tons/year. The modular structure allows to increase the complex's capacity by installing additional gasifying lines.

"Self-sustainability" of the system allows to install it in the place that best meets the needs of the region or business. This energy source is able to allow inaccessible regions to become more autonomous. Recycling of one ton of waste provides about 1.6 MW/h of electricity, or about 380 liters of diesel fuel. Processing products are used in primary and secondary production of oil and gas companies, as well as in the social sphere.

WASTEWATER TREATMENT

The wastewater treatment system is created on the basis of universal technology of electrochemical activation (ECA). This technology enables the use of the same processes of synthesis of electrochemically activated solutions for water purification, as well as technical systems with the same type of electrochemical reactor for use in a variety of fields. The electrochemical systems are developed and manufactured with capacities from a few liters per hour up to several thousand cubic meters per day, which are used for high-quality purification and disinfection

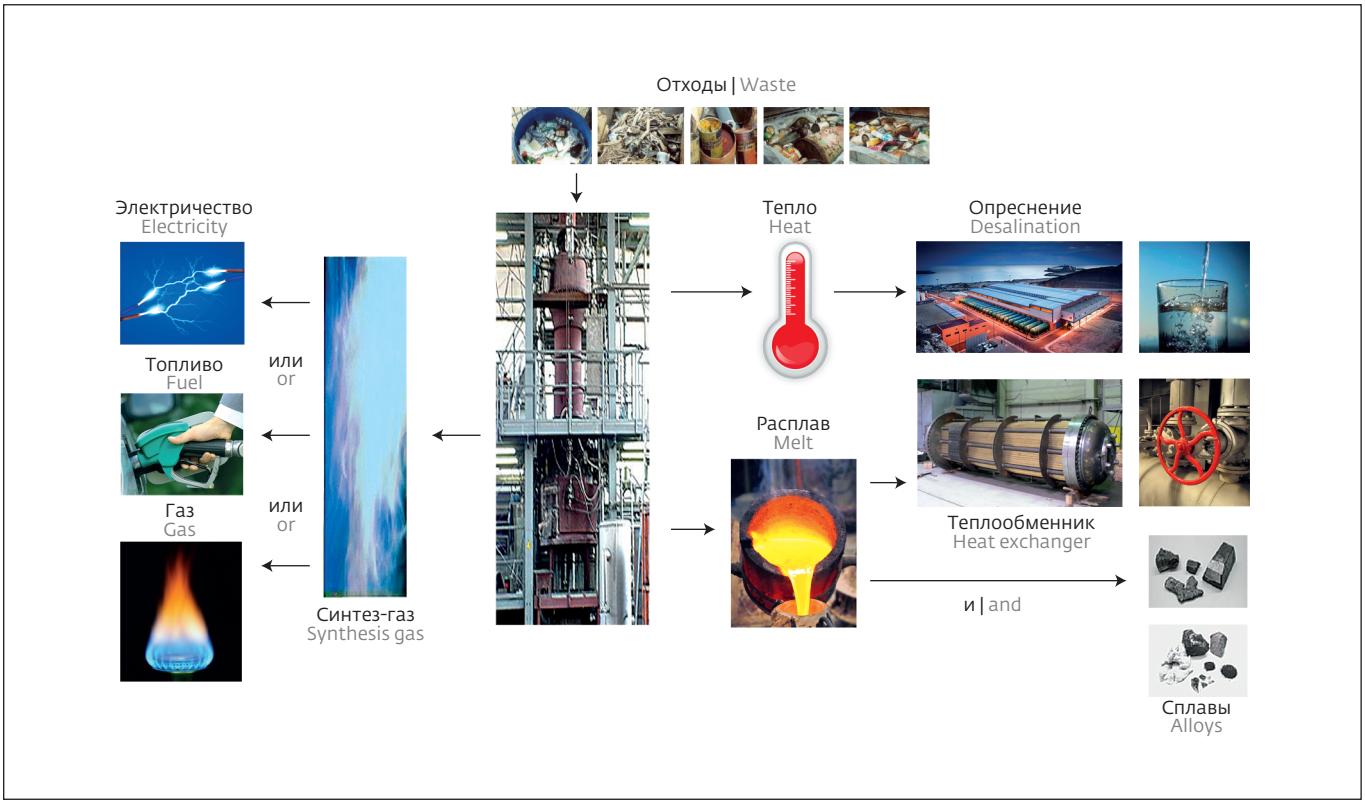

Рис.3. От мусора к полезным продуктам
Fig.3. From garbage to useful products

Благодаря использованию кислорода в качестве основного газификатора, достигаются пониженное содержание оксидов азота (NO_x) в синтез-газе и высокая теплотворная способность последнего (2–3 кВт·ч/м^3). При разрушении органических материалов и инертизации, а также концентрации неорганических материалов, опасные вещества разрушаются и утилизируются.

of drinking water, wastewater, etc. (Fig.4). Models for use in large water treatment plants and in individual cottages and apartments are developed and serially produced.

The main advantages of ECA over conventional chemical technologies are environmental friendliness, efficiency and versatility.

Environmental friendliness is caused by the possibility to completely eliminate or significantly reduce the use of chemical reagents in industrial processes requiring the use of water and aqueous solutions for various purposes, including in disinfection and purification of drinking water and also to completely eliminate or significantly simplify the purification of the sewage that is usually necessary at use of conventional chemicals.

Efficiency is caused by significant increase in the efficiency of processes by reducing labor costs, time and materials consumption, and by improving the quality and functional properties of final products.

The versatility of the ECA allows to create equipment for use in the project for drilling, mining, transportation and processing of oil and gas (Fig.5). For example, the ECA allows to reduce the amount of chemicals used in drilling on 60–70 %; to increase the mechanical drilling speed in 1,5–2,0 times; to significantly reduce environmental pollution and contamination of aquifers due to nonchemical regulation of physicochemical parameters of drilling fluids (viscosity, water loss, static shear stress) and reduction of the critical area of formation thanks to the electroosmotic prevention of the penetration of mud filtrate into the formation, as well as through the use of electrokinetic

Таким образом, после переработки отходов с использованием высокотемпературной плавящей газификации практически отсутствуют продукты, которые нуждаются в дальнейшей утилизации, то есть пыль и дым не выпускаются в окружающую среду. Конечные продукты переработки – газ, тепло, камень, металл (рис.3).

Предлагаемая технология и оборудование позволяют реализовать четыре основных варианта использования полученного синтез-газа:

- сжигание с нагревом воды, производство электроэнергии паровой турбиной;
- производство тепло- и электроэнергии комбинированной установкой;
- частичное преобразование в метанол с попутной теплогенерацией при синтезе;
- передача очищенного газа стороннему потребителю.

Проект предусматривает создание двух вариантов реакторов с мощностью 10 тыс. тонн/год и 20 тыс. тонн/год. Газифицирующая линия состоит из двух реакторов, и переработка мусора может продолжаться даже в случае остановки одного из них на обслуживание. Таким образом, мощность газифицирующей линии составляет 20 тыс. или 40 тыс. тонн/год. Модульная структура позволяет увеличивать мощность комплекса путем установки дополнительных газифицирующих линий.

"Самодостаточность" установки позволяет располагать ее в месте, наиболее отвечающем потребностям данного региона или бизнеса. Этот источник энергии может позволить труднодоступным регионам стать более автономными. Переработка одной тонны мусора обеспечивает около 1,6 МВт/ч электроэнергии или примерно 380 литров дизельного топлива. Продукты переработки используются в основном и вспомогательном производствах предприятий нефтегазовой отрасли, а также в социальной сфере.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД И ВОДОПОДГОТОВКА

Системы очистки сточных вод и водоподготовки созданы на основе универсальной технологии электрохимической активации (ЭХА). Эта технология обеспечивает возможность использования одинаковых процессов синтеза электрохимически активированных растворов для очистки воды, а также технических систем с одинаковым типом электрохимических реакторов для применения в различных областях. Разрабатываются и выпускаются электрохимические установки производительностью от нескольких литров в час до нескольких тысяч кубометров в сутки, которые служат для высококачественной очистки и обеззараживания питьевой воды, сточных вод и т.п. (рис.4). Разработаны и серийно выпускаются модели для использования как на крупных водоочистных станциях, так и в отдельных коттеджах и квартирах.

Основными преимуществами технологии ЭХА перед традиционными химическими техноло-

removing of fine-dispersed solid phase (clay particles smaller than 10–20 μm in size) from a drilling fluid, which allows to exclude the operation of dilution of the latter.

Various modifications of electrochemical modular compact systems allow to synthesize the hydrochloric acid and caustic soda from sodium chloride solution. Energy consumption per ton of caustic soda does not exceed 3000 kW. Simultaneously with the production of one ton of caustic soda in the form of a 18 % solution, 0.9 tons of hydrochloric acid with concentration of 15 % (according to hydrogen chloride – 100 %) is synthesized.

Electrochemical devices of various modifications also help to clean natural water and turn it into drinking at almost any source contamination. Capacity of a single installation can range from 20 to 500 liters/hour.

The intensification of the secondary methods of oil extraction can increase the oil recovery in case of injection of the electrochemical activated solutions by 5–10% in comparison with the displacement of the oil by aqueous solution of polyacrylamide or micellar solutions. At the same time, the consumption of chemicals is eliminated, in particular of surfactants, and contamination of the environment is prevented. The energy consumption of production of ECA solutions is 0.5–0.7 kWh/m^3.

ECA can be used to solve the following tasks:

- removal of asphaltene sediments using hot electrochemically activated water with the preset values of pH and oxidation-reduction potential (ORP) and addition of surfactants;
- bactericidal treatments with a solution of oxidants from AQUATRON devices with the

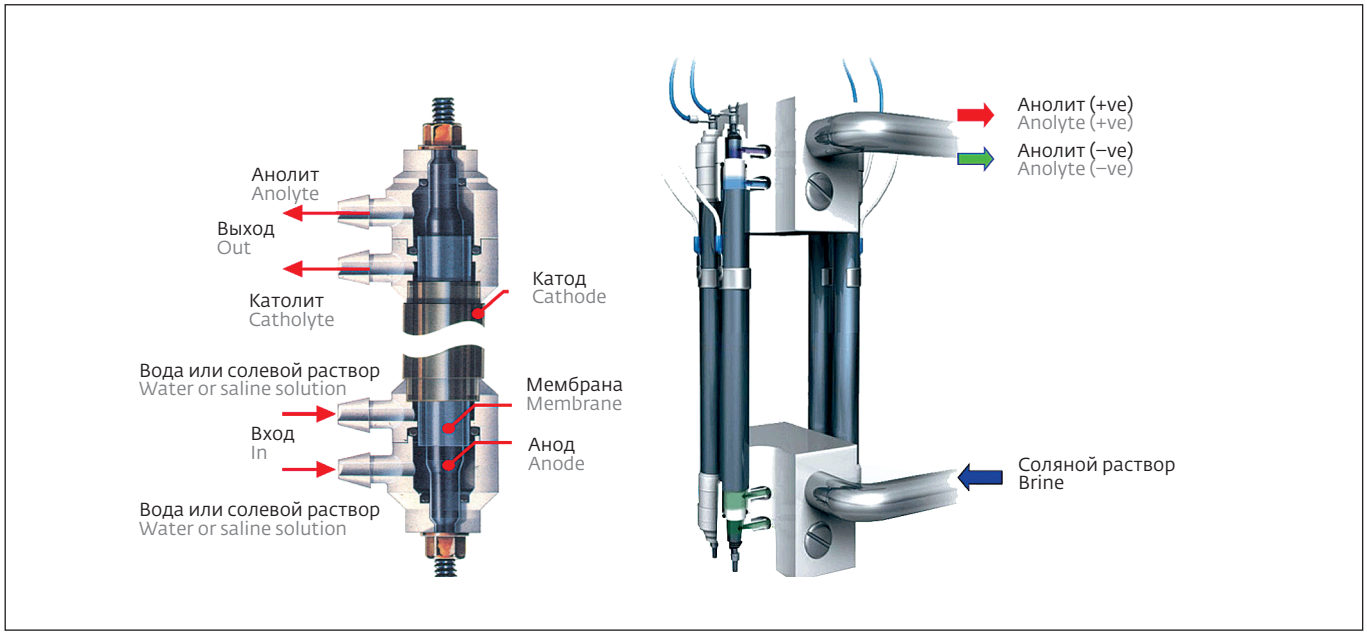

Рис.4. Электрохимическая установка для высококачественной очистки и обеззараживания воды
Fig.4. Electrochemical system for high quality purification and disinfection of water

гиями являются экологическая чистота, экономичность и универсальность.

Экологическая чистота обусловлена возможностью полностью исключить или значительно сократить применение химических реагентов в технологических процессах с использованием воды и водных растворов различного назначения, в том числе при обеззараживании и очистке питьевой воды, а также полностью исключить или значительно упростить очистку сточных вод, обычно необходимую при применении традиционных химических реагентов.

Экономичность заключается в значительном повышении эффективности технологических процессов как за счет уменьшения затрат труда, времени и материалов, так и за счет улучшения качества и функциональных свойств конечных продуктов.

addition of the corrosion inhibitor or without it;

- flushing of pipelines using solutions on the basis of electrochemically activated water for removing of asphaltene sediments;
- flushing of wellbore zones for intensification of oil production using electrochemically activated water or bactericidal water-in-oil emulsions on the basis of electrochemically activated water.

In transportation of oil and gas the use of ECA for corrosion protection of pipelines against aggressive liquids (stratal, waste and sea water) eliminates the need for corrosion inhibitors, provides 99% protection when power consumption is 0.016–0.027 kWh for 1 cubic meter of pumped liquid. This prevents environmental pollution by inhibitors and corrosion products.

The preparation of solutions of scale inhibitors using electrochemically activated water with controlled pH and redox potential will provide decrease in a consumption of inhibitors in 3–4 times while maintaining performance of solutions.

ECA is efficient in electrical desalting of oil. Before feeding the crude oil to the refinery the excess of the dissolved salts must be removed by addition of water followed by separation in an electrostatic field. Replacement of normal water by a cathode activated allows to speed up the extraction of salts, to increase the depth of oil purification from salts in 3–5 times, to reduce the required amount of added water in 2–4 times.

Purification of associated gas from hydrogen sulfide in the process of pipeline transport of oil, purification of natural gas prior to obtaining the LNG by using an electrochemically activated

Рис.5. Применение электрохимической активации в промышленности
Fig.5. industrial applications of electrochemical activation

Универсальность ЭХА позволяет создавать оборудование для использования в рассматриваемом проекте при бурении, добыче, транспорте и переработке нефти и газа (рис.5). Так, применение ЭХА позволяет сократить расход химических реагентов при бурении на 60–70 %; увеличить механическую скорость бурения в 1,5–2,0 раза; значительно уменьшить загрязнение окружающей среды и водоносных горизонтов благодаря безреагентному регулированию физико-химических параметров буровых растворов (вязкости, водоотдачи, статического напряжения сдвига) и сокращению кольматации призабойной зоны пласта (ПЗП) за счет электроосмотического предотвращения проникновения фильтрата бурового раствора в пласт, а также за счет использования электрокинетического метода удаления мелкодисперсной твердой фазы (глинистых частиц размером менее 10–20 мкм) из бурового раствора, что позволяет исключить операцию разбавления последнего.

Электрохимические модульные компактные установки различных модификаций позволяют синтезировать соляную кислоту и каустическую соду из раствора хлорида натрия. Расход энергии на тонну каустической соды не превышает 3000 кВт. Одновременно с производством одной тонны каустической соды в виде 18 % раствора синтезируется 0,9 тонны соляной кислоты концентрацией 15 % (по хлористому водороду – 100%).

Также, электрохимические установки различных модификаций позволяют очищать природную воду и превращать ее в питьевую практически при любом исходном загрязнении. Производительность единичной установки может составлять от 20 до 500 литров/час.

solution of sodium sulfate allows to create waste-free, automated production that does not pollute the environment, to eliminate the use of costly absorbents and adsorbents (ethanolamines, zeolite), to reduce the loss of gas in 3.5–4.0 times compared to existing methods.

If to use the cathode-activated distilled water under pressure of 15 kgf/cm^2 and with a temperature of 120°C in the pyrolysis of straight run gasoline, then the output of basic products of organic synthesis (ethylene, propylene, butadiene, benzene) increases approximately twice.

Use of electrochemically activated potable water in the production of chromia-alumina catalysts for dehydrogenation of paraffin hydrocarbons (butane and isopentane) provides increase in activity and strength of the catalyst by 10%. The technology is developed by specialists of the Syzran plant for the production of catalysts with the participation of the authors of the ECA.

The technology of emulsion polymerization of butadiene with styrene with the use of electrochemically activated potable water allows to improve the efficiency of production of butadiene-styrene rubbers due to reducing the consumption of reagents (rosin soap, chloride and potassium pyrophosphate), to increase by 40% the rate of copolymerization, to improve the quality of the rubber. The technology is developed by scientists and specialists of the Kazan National Research Technological University and Nizhnekamskshina with the participation of the authors of the ECA.

In General, the domestic technologies and equipment allow to create a highly effective comprehensive system for ecological waste management in the oil and gas industry, which meets the modern requirements of the world market. ■

Технология интенсификации вторичных методов добычи нефти позволяет увеличить нефтеотдачу пластов при закачке в них ЭХА-растворов на 5–10% по сравнению с вытеснением нефти водным раствором полиакриламида или мицеллярными растворами. Одновременно исключается расход химических реагентов, в частности ПАВ, предотвращается загрязнение окружающей среды. Расход электроэнергии для получения ЭХА-растворов составляет 0,5–0,7 кВТ·ч/м^3.

ЭХА может применяться для решения следующих задач:

- удаления асфальтеносмолопарафиновых отложений (АСПО) горячей электрохимически активированной водой с заданными значениями pH и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) с добавкой ПАВ;
- бактерицидная обработка раствором оксидантов из установок АКВАТРОН с добавкой ингибитора коррозии или без таковой;
- промывки трубопроводов растворами на основе электрохимически активированной воды с целью удаления АСПО;
- промывки призабойных зон скважин с целью интенсификации добычи нефти электрохимически активированной водой или водонефтяными бактерицидными эмульсиями на основе электрохимически активированной воды.

При транспортировке нефти и газа использование ЭХА для антикоррозийной защиты трубопроводов от агрессивных жидкостей (пластовой, морской и сточной воды) исключает необходимость применения ингибиторов коррозии, обеспечивает 99 % степень защиты при расходе электроэнергии 0,016–0,027 кВт·ч на 1 кубометр перекачиваемой жидкости, что позволяет предотвратить загрязнение окружающей среды ингибиторами и продуктами коррозии.

Технология приготовления растворов ингибиторов солеотложений на электрохимически активированной воде с регулируемыми значениями pH и окислительно-восстановительного потенциала обеспечит снижение расхода ингибиторов в 3–4 раза при сохранении всех эксплуатационных качеств растворов.

ЭХА эффективна и в технологии электрообессоливания нефти. Перед подачей сырой нефти на нефтеперерабатывающий завод из нее удаляют избыток растворенных солей путем добавления воды с последующим разделением в электростатическом поле (установки ЭЛОУ). Замена обычной воды на катодно-активированную позволяет ускорить процесс извлечения солей, увеличить глубину очистки нефти от солей в 3–5 раз, уменьшить необходимое количество добавляемой воды в 2–4 раза.

Очистка попутного газа от сероводорода в процессе нефтепроводного транспорта нефти, очистка природного газа перед получением СПГ с помощью электрохимически активированного раствора сульфата натрия позволяют создать безотходное автоматизированное производство, не загрязняющее окружающую среду, исключить использование дорогостоящих и неудобных в эксплуатации абсорбентов и адсорбентов (этаноламинов, цеолита), сократить потери газов в 3,5–4,0 раза по сравнению с существующими методами.

Если катодно-активированную дистиллированную воду, находящуюся под давлением 15 кгс/см^2 и имеющую температуру 120°С применить в пиролизе прямогонного бензина, то выход основных продуктов органического синтеза – этилена, пропилена, дивинила, бензола – возрастает приблизительно вдвое.

Применение электрохимически активированной питьевой воды в производстве алюмохромкалиевых катализаторов дегидрирования парафиновых углеводородов (бутана и изопентана) обеспечивает повышение активности и прочности катализатора на 10%. Технология разработана специалистами Сызранского завода по производству катализаторов с участием авторов ЭХА.

Технология эмульсионной полимеризации дивинила со стиролом с применением электрохимически активированной питьевой воды позволяет повысить эффективность получения дивинилстирольных каучуков за счет уменьшения расхода реагентов (канифольного мыла, хлорида и пирофосфата калия), увеличить на 40% скорость сополимеризации, повысить качество каучука. Технология разработана учеными и специалистами Казанского химико-технологического института и производственного объединения "Нижнекамскшина" с участием авторов ЭХА.

В целом, предлагаемые отечественные технологии и оборудование позволяют создать высокоэффективную комплексную систему по экологической переработке отходов в нефтегазовой отрасли, которая соответствует современным требованиям мирового рынка. ■