

ГЕЛИЙ В РОССИИ СЕГОДНЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

УДК 553.981.2

И.А. Голубева, д.х.н., проф., ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, Россия), golubevaia@gmail.com

А.Н. Настин, АО «СОГАЗ» (Москва, Россия), anton-nastin@mail.ru

В.И. Соломахин, ООО «ТЕКОН Мембранные технологии» (Москва, Россия), 5174594@mail.ru

В.В. Павловский, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», pavlovskiy.v@gubkin.ru

В статье рассмотрены основные проблемы производства гелия в России, проведен анализ различных направлений их решения, обсуждено состояние этой важной отрасли.

Гелий в основном выделяют из природных газов – это практически единственный источник сырья для его промышленного извлечения. В свою очередь данный химический элемент применяется при получении сверхчистых сред, сверхпроводимых материалов, сверхмощных магнитных полей и сверхнизких температур. Однако имеется ряд проблем при российском производстве гелия. Это отсутствие длительного опыта широкого использования эффективных мембранных технологий для его выделения, практики хранения гелиевого концентрата в резервуарах действующих и выработанных месторождений, выпуска необходимого количества отечественных криогенных контейнеров-цистерн для транспортировки жидкого товарного гелия и др.

В рамках освоения Чаяндинского и Ковыктинского месторождений устанавливается не имеющее аналогов оборудование для мембранного концентрирования гелия, а на строящемся Амурском газоперерабатывающем заводе будет организовано крупнейшее в мире производство жидкого гелия, что на многие годы сделает Россию лидером по объемам получения этого уникального элемента. Данные факты объясняют актуальность решения обозначенных выше проблем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, ГЕЛИЙ, ПРОБЛЕМА, ПУТЬ РЕШЕНИЯ, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТ ГЕЛИЯ.

ГЕЛИЙ: УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Гелий – практически не возобновляемый ресурс, источник энергии будущего. Он определяет развитие многих ключевых отраслей хозяйства, интеллектуальный, энергетический и военный потенциал любой страны. Это стратегический продукт, роль которого в развитии научно-технического прогресса будет постоянно расти.

По распространенности гелий – второй после водорода элемент во Вселенной, но на Земле его относительно мало. В периодической системе он имеет второй порядковый номер. При нормальных условиях представляет собой

газ, который не имеет ни цвета, ни запаха, плохо растворяется в воде и жидких углеводородах, устойчив к ионизирующему излучению. Большие разведанные запасы гелия сконцентрированы в России. Они составляют 16,6 млрд м³, или 34 % от общемировых [1].

Гелий – инертный химический элемент, имеющий наименьшую среди всех простых веществ температуру кипения в 4,20 К. Из его стабильных изотопов, встречающихся в природе, можно выделить гелий-3 и гелий-4, причем запасы последнего значительно преобладают, т.к. преобразование нестабильных ядер в естественных

условиях протекает за счет альфа-распада, а продуктом данной реакции является гелий-4.

История внедрения этого элемента в хозяйственную жизнь человека началась 18 августа 1868 г., когда французский астроном Жюль Жансен при изучении методом спектроскопии излучаемого Солнцем света во время солнечного затмения обнаружил новую ярко-желтую линию. В октябре того же года английский астроном Джозеф Локьер провел аналогичные исследования, увидел ту же желтую линию и показал, что она принадлежит неизвестному веществу. В 1870 г. его назвали гелием от древнегреческого helios –

I.A. Golubeva, DSc in Chemistry, Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University" (Moscow, Russia), golubevaia@gmail.com

A.N. Nastin, SOGAZ INSURANCE (Moscow, Russia), anton-nastin@mail.ru

V.I. Solomakin, OOO Tecon Membrane Technologies (limited liability company) (Moscow Russia), 5174594@mail.ru

V.V. Pavlovsky, National University of Oil and Gas "Gubkin University", pavlovskiy.v@gubkin.ru

Helium in Russia today: Issues and solutions

The article considers the main issues of helium production in Russia, analyzes various work lines to resolve them, and discusses this vital industry's state.

Helium is mainly produced from natural gases, almost the only raw material source for its industrial recovery. The chemical element is used to create ultrapure media, superconductors, superpower magnetic fields, and ultra-low temperatures. However, there are some issues in the Russian helium industry. These are the lack of experience in the effective widespread use of membrane technologies for helium recovery and practice of helium concentrate storage in operating and depleted fields' facilities, lack of domestic cryogenic tank containers for transporting commercial liquid helium, and more.

One-of-a-kind equipment for membrane helium concentration is being installed within the development of Chayandinskoye and Kovyktinskoye fields. Also, the largest liquid helium production facility in the world will be established at Amur Gas Processing Plant, which is currently under construction. This facility will make Russia the world leader in helium production volume for years ahead. The facts above explain the relevance of resolving the issues highlighted.

KEYWORDS: NATURAL GAS, HELIUM, ISSUE, SOLUTION, HELIUM STORAGE AND TRANSPORTATION.

«солнце», на латыни – helium. Многие ученые посвятили свою жизнь изучению свойств этого элемента, что позволило 13 из них получить Нобелевские премии по физике [2].

Уникальные свойства гелия, такие как сверхпроводимость, сверхтекучесть, химическая инертность, устойчивость к радиоактивному воздействию, легкость, отсутствие цвета и запаха, нетоксичность, невоспламеняемость, позволяют использовать его во многих областях [3–5]. Одно из перечисленных свойств, сверхтекучесть (т. е. способность течь без трения при температурах, близких к абсолютному нулю), было впервые обнаружено П.Л. Капицей в 1938 г. Критическая температура (лямбда-точка), равная 2,17 К, разделяет две принципиальные фазы – гелий I и гелий II. При переходе через нее изменяется состояние вещества без какой-либо четкой границы и затрат энергии. Согласно теории, выдвинутой Л.Д. Ландау, гелий II – смесь компонент: обычной и сверхтекучей. Последняя имеет температуру абсолютного нуля, это значение снижается при нагревании. Жидкий гелий обладает таким уникальным

свойством, как «двойной звук», т. е. для него характерно присутствие двух скоростей звука. Этот феномен был предсказан теоретически Л.Д. Ландау, по расчетам которого значение должно было составлять 25,0 м/с. Фактически измеренное оказалось 19,6 м/с. Кроме того, гелий – единственное вещество, которое не затвердевает, оставаясь в жидком состоянии при атмосферном давлении и сколь угодно малой температуре.

Долгое время этот элемент оставался предметом интенсивных исследований и применялся лишь в ограниченных количествах в основном в научно-исследовательских целях. Первый толчок к промышленному производству был дан в эпоху дирижаблестроения в Первую мировую войну.

В настоящее время жидкий гелий используется в мощных энергетических установках для исследования термоядерных процессов на тороидальных камерах с магнитными катушками (токамаках), в магнитогидродинамических и криотурбогенераторах, в электродвигателях на сверхпроводящих обмотках, для магнитного подвеса скоростного транспорта,

в медицинских магнитно-резонансных томографах, в измерительной технике, при магнитной сепарации материалов [3–5].

Газообразный гелий применяется в разных областях: в производстве полупроводников и жидкокристаллических экранов, как инертный теплоноситель в высокотемпературных ядерных реакторах, для транспорта ракетного топлива, для производства оптического волокна и заполнения дирижаблей и аэростатов, в вакуумной технике и дефектоскопии, в хроматографии, при резке, сварке и плавке металла, при создании дыхательных смесей для глубоководных работ, для научных и технологических исследований (особенно в создании наноматериалов), для рекламных и развлекательных целей.

Очень значителен объем использования гелия в космических проектах. Например, каждый запуск многоразовых кораблей по закрывшейся в 2011 г. программе «Шаттл» (Space Shuttle) требовал 20 тыс. м³ данного элемента. С помощью жидкого гелия получают и глубокий вакуум, который позволяет проводить испытания судов на герметичность. Вместе

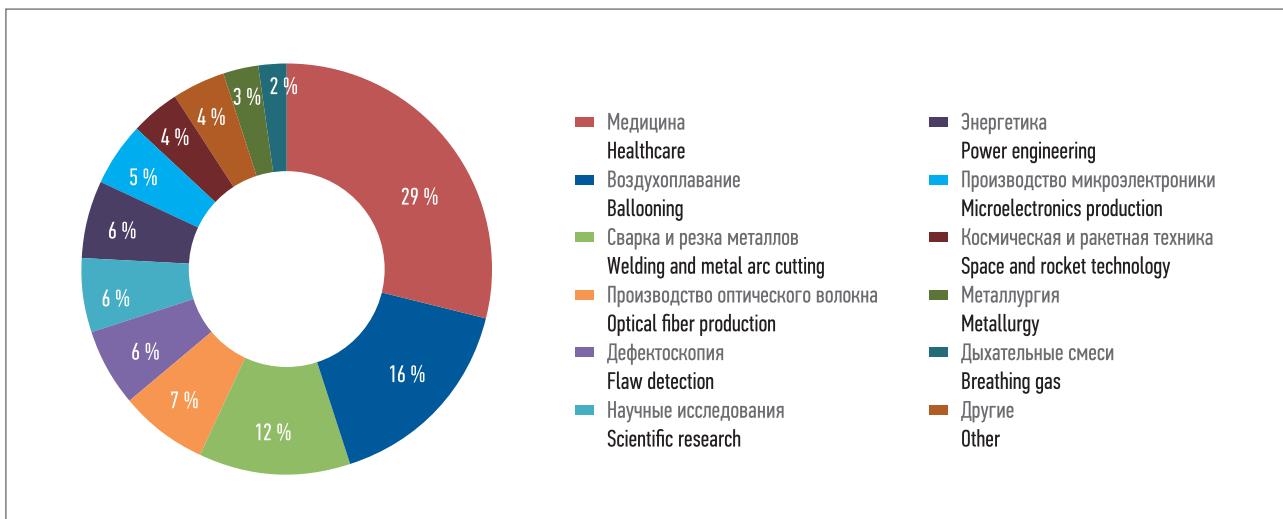


Рис. 1. Области применения гелия [3]
Fig. 1. Helium scope [3]



Рис. 2. Оренбургский гелиевый завод [7]
Fig. 2. Orenburg Helium Plant [7]

с неизбежным в перспективе развитием космических исследований нужны крупномасштабные имитаторы для оценки надежности аппаратов, в частности криогенно-вакуумные камеры большой емкости [5], в которых также используется данный химический элемент.

В атомной энергетике привлекательна устойчивость гелия к различным радиационным излучениям и его высокая теплопроводность. Так, например, этот элемент применяют для охлаждения ядерных реакторов. Кроме того, большие объемы потребления данного

газа связаны с баллонным воздуходплаванием. Наконец следует отметить, что во многих отраслях промышленности гелий не может быть заменен другими известными веществами.

Для обобщения вышеизложенного приводится диаграмма, где показана доля использования гелия в разных областях хозяйственной деятельности (рис. 1).

В целом гелий – это элемент современных и будущих высоких инновационных технологий. Области его применения ныне принято делить на две сферы: «холодный» с температурами реализации

0,1–10 К и «теплый» – 273–6000 К.
Примерно 70 % используется в виде
«теплого» гелия и лишь 30 % –
в виде «холодного» (в сжиженном
состоянии).

ПРОИЗВОДСТВО ГЕЛИЯ В РОССИИ, ОРЕНБУРГСКИЙ ГЕЛИЕВЫЙ ЗАВОД

До 1978 г. в ССР эксплуатировалось четыре небольших завода (Ухтинский, Московский, Отрадненский и Миннибаевский), производивших гелий из природных газов суммарно в объеме около 1,4 млн м³/год [5]. В Оренбургской обл. на базе открытого в ноябре 1966 г. уникального нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) с запасами около 1,9 трлн м³ газа и 120 млн т конденсата (самого крупного месторождения в Европе) был создан Оренбургский газоперерабатывающий комплекс, звеньями которого стали газоперерабатывающий и гелиевый заводы [6–8].

С 1978 г. функционирует единственный производитель гелия – Оренбургский гелиевый завод (ОГЗ) (рис. 2), на котором эксплуатируется пять блоков мощностью по 3 млрд м³/год каждый. Концентрация исследуемого элемента в природном газе ОНГКМ составляла многие годы 0,055 об. %, сегодня из-за истощения место-

рождения и переработки газа в смеси с Караганакским она снизилась до 0,04 об. % [7].

В 1978 г. в мировой практике не было опыта извлечения гелия из «бедных» гелиеносных газов. Решение о создании оренбургского производства было принято с целью обеспечения потребностей военно-промышленного комплекса и космонавтики СССР. На ОГЗ использована классическая технология выделения исследуемого элемента, состоящая из двух стадий: на первой извлекается гелиевый концентрат (ГК) с содержанием полезного вещества не менее 80,00 об. %, на второй получают гелий с чистотой не ниже 99,99 об. %.

Принципиальная схема получения ГК представлена на рис. 3. В соответствии с ней очищенный и осушенный газ под давлением до 5,2 МПа охлаждается вначале пропаном, затем в двух рекуперативных теплообменниках (с промежуточной сепарацией) до -104°C (169,15 K) и после дросселирования доведенный до -153°C (120,15 K) подается в отпарную колонну, снизу которой отводится в основном метан. В ее верхней части за счет рекуперации холода поддерживается температура -191°C (82,15 K) и происходит отвод смеси гелия и азота. Последняя затем доохлаждается в двух рекуперативных теплообменниках и разделяется в двух сепараторах на концентрат гелия (85,00 об. %) и концентрат азота (99,50 об. %). Основным источником холода выступает внутренняя энергия природного газа и азота. По такому варианту извлекается около 95,00–96,00 об. % гелия от его исходного содержания в газе.

Классическая схема тонкой очистки гелия, реализованная на ОГЗ, обеспечивается проведением технологического процесса очистки ГК от примесей водорода и остатков метана окислением их кислородом на алюмоплатиновом катализаторе с последующими: конденсационной осушкой,

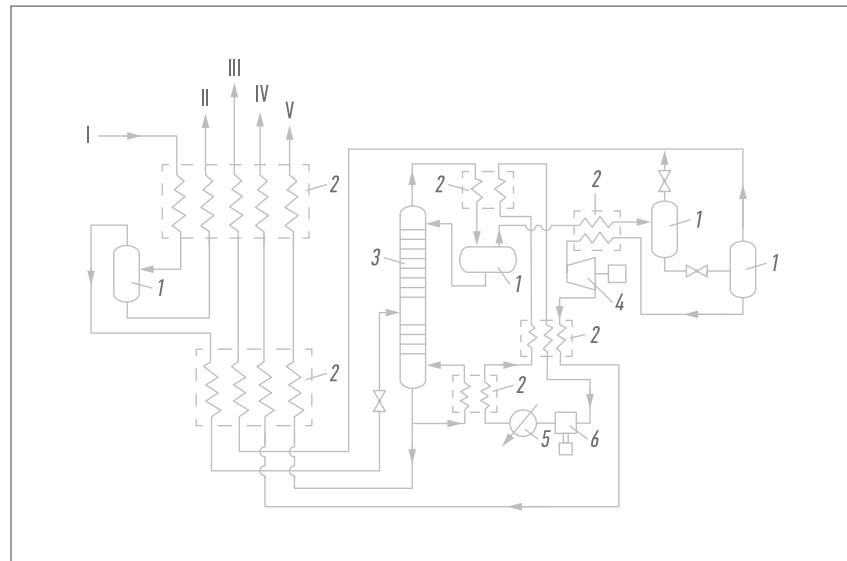


Рис. 3. Принципиальная схема получения ГК [8]. 1 – сепараторы; 2 – рекуперативные теплообменники; 3 – колонны; 4 – турбодетандер; 5 – холодильник; 6 – компрессор; I – природный газ; II – жидкие углеводороды; III – ГК; IV – концентрат азота; V – сухой газ (метан-азотная смесь)

Fig. 3. Schematic diagram of helium concentrate production [8]. 1 – separators; 2 – recuperative heat exchangers; 3 – columns; 4 – turbo-expander; 5 – cooler; 6 – compressor; I – natural gas; II – liquid hydrocarbons; III – helium concentrate; IV – nitrogen concentrate; V – dry gas (methane-nitrogen mixture)



Рис. 4. Машинный зал и холодный блок оборудования [9]
Fig. 4. Machine room and cold equipment block [9]

адсорбционной глубокой осушкой с удалением остатков кислых газов, конденсационной очисткой ГК от примесей азота, адсорбционной очисткой ГК от неона, остатков азота, водорода.

Среди основных создателей технологий тонкой очистки и сжижения гелия, а также соответствующего оборудования в РФ следует отметить ОАО «НПО «Гелиймаш» и ПАО «Криогенмаш». Эти предприятия традиционно занимаются

разработкой и производством криогенного оборудования – теплообменного, воздухоразделительных, охладительных и рефрижераторных установок, систем охлаждения, турбодетандеров, трубопроводов, арматуры.

До 2014 г. промышленные объемы жидкого гелия выпускались в Оренбурге с помощью установки, изготовленной ОАО «НПО «Гелиймаш», которая затем была заменена современной,



Рис. 5. Установка сжижения гелия OG-500 [10]
Fig. 5. OG-500 helium liquefaction unit [10]

от одного из мировых лидеров в этой сфере – компании Linde AG (рис. 4). Строительством данной установки занималось АО «Газпром газэнергосеть» [10]. Ее производительность – 500 л/ч, на сжижение направляется 70,00 об. % всего вырабатываемого полезного компонента. В качестве сырья выступает гелий газообразный сжатый марки Б по ТУ 0271-135-31323949-2005 производства ОГЗ. Продукция установки – гелий жидкий марки 6.0 по ТУ 0271-001-50197738-2014. Наличие его значительных запасов позволяет исключить перебои в поставках потребителям во время плановых ремонтов.

На установке применено три винтовых компрессора с регулируемым частотным приводом, каждый из которых имеет шумоизолирующий кожух. Энергопотребление составляет 551 кВт/ч. Давление в цикле гелия – 1,3 МПа. Применена безгазгольдерная схема с автoreгулированием давления на всасе компрессоров.

Технология включает использование трех турбодетандеров на динамических газовых подшипниках со средним временем гарантированной работы около 250 000 операционных часов. Установка эксплуатируется в автоматизированном режиме управления. Потери целевого компонента не превышают 0,20 об. % от входного количества газообразного гелия марки Б (рис. 5).

Установка сжижения гелия OG-500 в Оренбурге рассматривает-

ется как будущий центр подготовки персонала для работы на гелиевом производстве Амурского газоперерабатывающего завода (ГПЗ) и в Логистическом центре обслуживания гелиевых контейнеров (ХАБ).

ПРОБЛЕМЫ ГЕЛИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В России в течение нескольких последних десятков лет, начиная с перестроичного периода, наращивался упор на применение импортного технологического оборудования. Считалось, что нет смысла ждать и финансировать отечественные разработки, когда при высокой экспортной выручке можно купить готовое зарубежное.

В последние же годы в нашей стране все чаще высказываются идеи о необходимости импортозамещения и «технологических прорывов». Однако, несмотря на все усилия, предпринимаемые административно-управленческим аппаратом, финансово-экономическими и юридическими службами, строительно-монтажными подразделениями, импортозамещение и тем более «технологические прорывы» невозможны без участия специальных научно-технических кадров, для успешной работы которых нужно создавать благоприятные условия и оказывать соответствующую всестороннюю поддержку. К сожалению, в результате ряда структурных

преобразований в России возник дефицит таких кадров и даже отдельных профильных предприятий отрасли. Преодоление этих сложностей крайне важно для достижения целей, поставленных перед предприятиями гелиевой промышленности.

Требуется решать главный вопрос по развитию собственных эффективных технологий и оборудования с глубокой степенью импортозамещения. К сожалению, частичная деиндустриализация и структурные «оптимизации» имели определенные негативные последствия для исследуемой отрасли. Так, например, не все сырье и/или комплектующие для перспективного производства можно сегодня приобрести у отечественных производителей. Конечно, временно можно использовать рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона, однако в условиях нынешней геополитической обстановки назрела потребность в развитии своих производств. Этот процесс будет непростым, но он необходим, если в планах есть совершенствование и разработка собственных передовых технологий.

Следует отметить, что определенные шаги уже предпринимаются. Так, введена в эксплуатацию крупнейшая в мире промысловая установка мембранныго выделения ГК на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ) [11], а в г. Дубне для нее организовано производство полноволоконных газоразделительных мембранных элементов. Таким образом, условия для нового витка развития отечественной гелиевой промышленности имеются, и в перспективе Россия способна стать мировым лидером по производству гелия.

Рациональное хранение ГК при разработке месторождений Восточной Сибири и Якутии

Одной из актуальных проблем российской гелиевой промышленности сегодня становится рациональное хранение извлеченного,

но пока невостребованного гелия [12–14].

Начали реализовываться планы разработки газовых месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока [11], в которых это вещество находится в больших количествах, но на рынок планируется поставлять ограниченный его объем для сохранения цен на соответствующем, выгодном для России уровне. Чтобы решить эту задачу, нужно: 1) обеспечить хранение; 2) организовать доставку от месторождений. Для достижения первой цели необходимо создать подземные хранилища для ГК или гелийсодержащего природного газа в различных геологических структурах (изолированные залежи выработанных месторождений газов, соляные каверны), а также предусмотреть возможность возврата ГК в разрабатываемый блок крупных действующих газовых месторождений. Например, на ОГЗ эксплуатируется небольшое гелиехранилище в соляных кавернах, что обеспечивает хранение добываемого ГК [12]. Такой экономичный вариант требует получения ГК на самом месторождении, поскольку возможны потери из-за негерметичности фонда скважин и/или плохой герметичности геологического пласта.

При эксплуатации для указанных целей месторождений со средними запасами газа залежей можно повысить герметичность хранения, используя ГК или объекты с невысокой суточной производительностью скважин. Период закачки определяется возможностями специальных герметичных скважин.

При отборе природного газа, обогащенного гелием, из хранилища, созданного на базе среднего по запасам месторождения, коэффициент извлечения может быть достаточно высок. Для организации подобных подземных объектов для хранения необходимо проведение специальных исследовательских работ. Соляные каверны рекомендуется использо-



Рис. 6. Отечественные контейнеры-цистерны для транспортировки гелия, разработанные ОАО «НПО «Гелиймаш» [15]

Fig. 6. Domestic tank containers for helium transportation developed by OAO NPO Gelyimash (open joint-stock company scientific and production association) [15]

вать при организации оперативных хранилищ ГК.

Разрабатывая стратегию обеспечения заданных мощностей подземного хранения ГК, следует провести научные исследования в целях создания соответствующей технологии для истощенных месторождений с учетом их горно-геологических условий. Это необходимо, чтобы обеспечить надежность длительного хранения гелия, снизить сроки создания объектов и уменьшить капитальные затраты.

Проблемы хранения и транспортировки жидкого гелия

Чтобы обеспечить транспортировку гелия на большие расстояния, следует перевести его в жидкое состояние. Для этих целей используют криогенные резервуары с такими характеристиками: объем – до 500 тыс. л; внутренний сосуд – из нержавеющей, а наружный кожух – из углеродистой стали для температуры до -50°C ($223,15\text{ K}$); высококачественная многослойная экранная изоляция; азотный щит из алюминия, включая трубопровод из нержавеющей стали; вакуумные вентили.

Оренбургский гелиевый завод пока транспортирует жидкий гелий в контейнерах объемом 40 м³ фирмы Gardner Cryogenics

(США). ОАО «НПО «Гелиймаш» разработаны отечественные контейнеры-цистерны такой же емкости для автомобильного и морского транспорта. Они идентичны американским, которые в настоящее время используются на ОГЗ, имеющем установку для сжижения гелия. Однако серийное производство отечественных контейнеров-цистерн еще не налажено. Актуальность этой проблемы нарастает в связи с грядущим запуском гелиевых установок на Амурском ГПЗ и развитием российской сбытовой сети жидкого гелия, но она может быть решена в короткие сроки.

ООО «Газпром гелий сервис» в статусе резидента территории оператора социально-экономического развития «Надеждинская», расположенной в Приморском крае, реализует инвестиционный проект «Логистический центр обслуживания гелиевых контейнеров (ХАБ)». Компания обеспечит транспортировку и вывоз с Амурского ГПЗ товарного гелия в изотермических контейнерах, сохраняющих температуру -269°C ($4,15\text{ K}$). Продукция будет доставляться автомобильным транспортом по территории Амурской обл., через Хабаровский и Приморский края.

Логистический центр станет крупнейшим в мире хабом по обслуживанию гелиевых изотермических

контейнеров (рис. 6) для поставки жидкого гелия на мировой рынок. Их транспортировку обеспечивают российские магистральные тягачи КАМАЗ-5490 NEO (производитель – ПАО «КАМАЗ»), работающие на сжиженном природном газе – экологичном моторном топливе.

Правовые проблемы гелиевой промышленности

Ввиду широкого применения гелия в важнейших сферах хозяйственной деятельности эта отрасль промышленности России может стать самостоятельной и выделяться из структуры газовой. Но в нашей стране недостаточно разработаны правовые основы, регламентирующие добычу, производство, транспорт, хранение и применение гелия [16].

В России действуют некоторые законодательные акты и распорядительные документы, согласно которым недропользователи в обязательном порядке должны предоставлять ряд данных в соответствующие органы. В то же время гелий не входит в перечень основных видов стратегического минерального сырья, утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 16.01.1996 г. № 50-р, а также в список стратегических видов полезных ископаемых, сведения о которых составляют государственную тайну, утвержденный Постановлением Правительства РФ от 02.04.2002 г. № 210. Необходима разработка ряда актов, регламентирующих нормативные и технологические потери гелия при его добыче, транспортировке и хранении.

Реальная рыночная экономика, в рамках которой развивается российская гелиевая промышленность, основана на отношениях между государством и нефтегазовыми компаниями. Каждая из сторон может иметь свою стратегию действий, заботясь о собственных интересах, а необходимо комплексное рассмотрение проблемы [16].

Государственное регулирование реализации гелиевых проектов

должно включать механизмы, которые обеспечат совершенствование российского рынка этой продукции. Потребуется стимулирование развития высокотехнологичных гелийпотребляющих производств в России, а также отмена ввозной таможенной пошлины на необходимые для их функционирования товары (материалы, оборудование, запасные части). Аналогичные льготы нужны на импортируемое и создаваемое собственное оборудование, использующееся для реализации гелиевых проектов и не имеющее сопоставимых по мощности аналогов в нашей стране. Все это предусматривает необходимость: разработки государственной программы по рациональному использованию, хранению и реализации гелия; государственного финансирования проведения геолого-разведочных работ; создания и эксплуатации подземных хранилищ ГК; строительства морских судов для перевозки гелия; предоставления государственных гарантий по программам кредитования новых гелиевых производств; развития действующих и создания новых российских высокотехнологичных гелийпотребляющих производств; установления льгот по налогу на имущество, используемое для гелиевых производств; освобождения от налога на прибыль до 10 лет для новых гелиевых производств на территории Дальнего Востока и Восточной Сибири; исключения конкуренции в реализации гелия на внешних рынках российскими производителями, т. е. требуется на государственном уровне зафиксировать стратегическое направление развития отрасли, разработать соответствующее правовое поле и предусмотреть определенные меры поддержки. Таким образом, актуальна задача подготовки проекта федерального закона Российской Федерации «О гелии» для обеспечения правовой защиты этого стратегически важного ресурса [16].

Государственный резерв дает возможность сдерживать снижение

цен на сырье. Основными финансовыми источниками проектов развития гелиевой промышленности могут служить средства недропользователя, отечественных и зарубежных инвесторов, а также государственное финансирование.

Проблемы выделения гелия из природных газов

Гелиеносные природные газы – практически единственный реальный источник промышленного производства гелия. Криогенный метод выделения, который применяется на ОГЗ, основан на поэтапном охлаждении газа до температуры конденсации азота, перед этим конденсируется и метан, а гелий с некоторыми примесями остается в газовой фазе в виде предварительно очищенного концентрата. Подобная технология оказывается очень энергоемкой, т. к. в этом случае требуется организация многоступенчатого процесса, что значительно повышает капитальные и эксплуатационные затраты.

Использование мембран для извлечения ГК с его последующей ректификацией может существенно повысить экономическую эффективность процесса. В отличие от криогенного способа предлагаемая технология позволяет не только получить ГК, но и выделить из него чистый гелий.

Таким образом, можно сформулировать основные проблемы развития российской гелиевой промышленности:

- отсутствие достаточно длительного опыта применения отработанных мембранных технологий выделения гелия для крупных месторождений Восточной Сибири, Дальнего Востока и других регионов; использования подземных хранилищ ГК в выработанных углеводородных месторождениях; эксплуатации гелийсодержащих месторождений с применением обратной закачки ГК в разрабатываемую залежь; нормативно-правовых актов РФ (в частности, федерального закона), регламенти-

рующих взаимоотношения государства и субъектов гелиевого рынка;

– недостаточное количество криогенных контейнеров-цистерн российского производства для транспортировки жидкого товарного гелия.

Перечисленные проблемы в настоящее время активно решаются. Например, уже разработана и используется технология мембранныго выделения гелия из природного газа месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока. Первая подобная промышленная мембранные установка заработала в России в феврале 2014 г. Запустили ее на Ковыктинском газоконденсатном месторождении. Именно с ним как с одним из крупнейших объектов в Восточной Сибири связывают планы по развитию производства гелия в нашей стране. Эта установка (ОМПУ-100) способна работать при входном давлении от 3,5 до 9,8 МПа и в таких режимах производить соответственно

от 30 до 130 млн м³ гелия в год. Аналогов с подобной степенью извлечения, производительностью, компоновкой и рабочим давлением ни в России, ни в мире не существует. Результаты, полученные на ОМПУ-100, использованы при проектировании промышленной установки на Чаяндинском НГКМ. С учетом отечественного и мирового опыта изучаются потенциально возможные варианты долгосрочного хранения.

Чтобы Россия стала лидером на мировом рынке гелия, необходимо:

- налаживать собственное производство транспортных цистерн для жидкого гелия и другого криогенного оборудования;
- внедрять отечественную технологию извлечения ГК из газа;
- создавать новые способы тонкой очистки ГК;
- организовывать долгосрочное хранение ГК, в том числе на базе герметичных подземных хранилищ.

Решение рассмотренных в статье проблем позволит российской гелиевой промышленности успешно развивать перспективные направления, найти выгодные экспортные рынки, получить дополнительную прибыль.

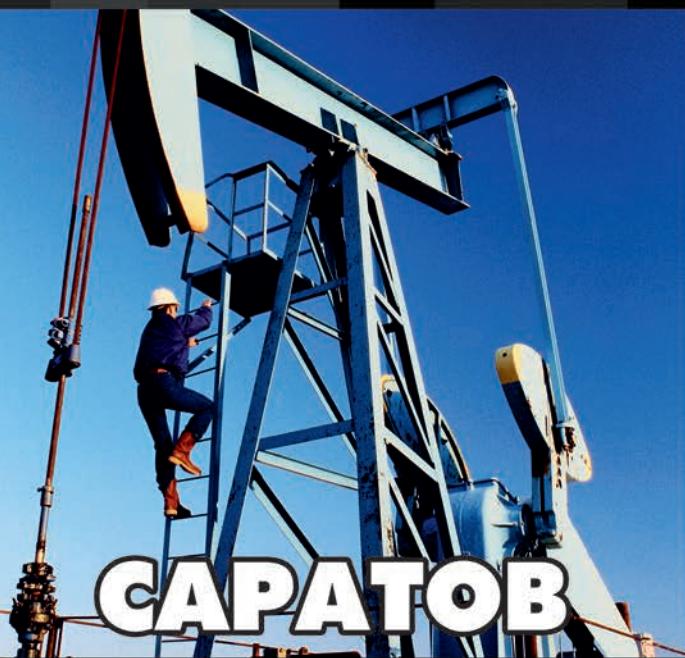
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ позволил доказать, что с учетом установленных крупных запасов высококачественного газогелиевого сырья только в пределах России (на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока) можно рассчитывать на полное обеспечение мирового уровня потребления гелия по крайней мере на ближайшее столетие. Но это реально при условии рационального освоения и сохранения имеющихся и прогнозируемых запасов данного ценного ресурса и в то же время крайне необходимо, т. к. открывает перспективы для развития важнейших направлений

24-я специализированная выставка



НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМ. 2021



ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

- Правительство Саратовской области
- Министерство промышленности и энергетики Саратовской области
- Союз нефтегазопромышленников РФ
- Союз производителей нефтегазового оборудования
- Российский Союз химиков

9-11 ИЮНЯ

НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РАЗДЕЛЫ

исследований в области безопасной ядерной энергетики, криогенных технологий, наземного скоростного транспорта на магнитной подушке, мирового здравоохранения (повсеместное использование широкой сети магнитных томографов), микроэлектроники, космонавтики и оборонной сферы.

У России есть шанс в обозримом будущем занять лидирующие пози-

ции на мировом гелиевом рынке, что принесет нашей стране немалые экономические и политические выгоды. Но, чтобы надлежащим образом использовать предоставленную возможность, необходимо получить мощную государственную поддержку. К сожалению, сейчас главные области применения гелия в России довольно ограничены: это сфера развле-

чений и магнитно-резонансная томография.

Необходимо также осознать, что гелий – это невосполнимое на нашей планете вещество (выходя из недр Земли, он не задерживается в атмосфере, а постепенно уходит в космос), но в то же время очень ценное, поэтому разумное использование и хранение позволят сберечь его для будущих поколений. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Мировой рынок гелия // ООО «Газпром гелий сервис»: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ges-helium.ru/?id=24> (дата обращения: 05.03.2021).
2. Голубева И.А., Ниигард Р.Р., Казаченко Н.И. Удивительный гелий: история открытия в лицах // Нефтепереработка и нефтехимия. 2014. № 12. С. 18–32.
3. Голубева И.А., Родина Е.В., Можейкина В.В. Оренбургский ГПК – газоперерабатывающий и гелиевый заводы (ООО «Газпром добыча Оренбург») // Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 2. С. 31–44.
4. Арутюнов В.С., Голубева И.А., Елисеев О.Л. и др. Технология переработки углеводородных газов: учебник для вузов. М.: Юрайт, 2020.
5. Голубева И.А., Мелешко М.А. Свойства и применение гелия, технологии производства из природных газов: учеб. пособие. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2019.
6. Пантелейев Д.В., Столыпин Д.В., Волченко А.Г. и др. Развитие промышленного производства гелия в ООО «Газпром добыча Оренбург» // Нефтегазовое дело. 2011. № 2. С. 128–135.
7. Молчанов С.А. Оренбургский гелиевый завод: вчера, сегодня, завтра // Газовая промышленность. 2006. № 7 (620). С. 48–50.
8. Молчанов С.А. Особенности выделения гелия из природного газа. М.: Недра, 2011.
9. Новости ООО «Газпром газэнергосеть» // ООО «Газпром газэнергосеть»: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gazpromlpg.ru/index.php?id=31&news=338> (дата обращения: 05.03.2021).
10. Геско Н.Н. Реализация проекта создания установки сжижения гелия на Оренбургском гелиевом заводе // Перспективные направления развития газохимии: труды Московского семинара по газохимии 2014–2015 гг. / под ред. А.И. Владимирова, А.Л. Лапидуса. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. Вып. 8. С. 162–173.
11. Кисленко Н.Н., Павленко В.Б. Создание установки мембранныго выделения гелия на Чаяндинском НГКМ // Газохимия на современном этапе развития: труды Московского семинара по газохимии, 2018–2019 гг. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2020. Вып. 10. С. 75–91.
12. Хан С.А., Игошин А.И., Теплов М.К. и др. Опыт подземного хранения газообразного гелиевого концентрата на Оренбургском гелиевом заводе // Газовая промышленность. 2012. № 5 (684). С. 28–31.
13. Хан С.А., Игошин А.И., Казарян В.А. и др. Подземное хранение гелия: монография. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015.
14. Рубан Г.Н., Бондарев В.Л., Королева В.П. и др. Оценка возможности создания хранилищ гелиевого концентрата в Иркутской области // Газовая промышленность. 2010. № 4 (645). С. 24–25.
15. Умный гелий // ООО «Газпром добыча Оренбург»: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://orenburg-dobycha.gazprom.ru/press/news/2016/08/1011/> (дата обращения: 05.03.2021).
16. Ларинов А.В. Организационно-экономические механизмы рационального освоения гелиевого ресурса Республики Саха (Якутия): дис. ... к.э.н. 08.00.05. Якутск: Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 2018.

REFERENCES

- (1) Gazprom Helium Service LLC. *Global helium market*. Available from: <https://ges-helium.ru/?id=24> [Accessed: 5 March 2021]. (In Russian)
- (2) Golubeva IA, Niigaard RR, Kazachenko NI. Surprising helium: The history of discovery in the persons. *Refining and Petrochemicals* [Neftepererabotka i neftekhimiya]. 2014; (12): 18–32. (In Russian)
- (3) Golubeva IA, Rodina EV, Mozheykina VV. Orenburgsky GPK – gas-reprocessing and helium plants (ООО “Gazprom Dobycha Orenburg”). *Refining and Petrochemicals*. 2015; (2): 31–44. (In Russian)
- (4) Arutyunov VS, Golubeva IA, Eliseev OL, Zhagfarov FG. *Technology of hydrocarbon gas processing*. Moscow: Yurite; 2020. (In Russian)
- (5) Golubeva IA, Meleshko MA. *Properties and application of helium, and technologies of production from natural gases*. Moscow: National University of Oil and Gas “Gubkin University”, 2019. (In Russian)
- (6) Panteleev DV, Stolyapin EV, Volchenko AG, Syrkin AM. Development of helium industrial production in Gazprom Dobycha Orenburg, LLC. *Oil and Gas Business* [Neftegazovoe delo]. 2011; (2): 128–135. (In Russian)
- (7) Molchanov SA. Orenburg Helium Plant: yesterday, today, tomorrow. *Gas Industry* [Gazovaya promyshlennost']. 2006; (7): 48–50. (In Russian)
- (8) Molchanov SA. *Features of helium extraction from natural gas*. Moscow: Subsoil [Nedra]; 2011. (In Russian)
- (9) 000 Gazprom Gazenergoset' (limited liability company). *News of the 000 Gazprom Gazenergoset'*. Available from: <http://gazpromlpg.ru/index.php?id=31&news=338> [Accessed: 5 March 2021]. (In Russian)
- (10) Gesko NN. Implementation of the helium liquefaction plant project at the Orenburg Helium Plant. In: Vladimirov AI, Lapidus AL (eds.) *Prospects for the development of gas chemistry*. Iss. 8. Moscow: National University of Oil and Gas “Gubkin University”; 2016. p. 162–173. (In Russian)
- (11) Kislenko NN, Pavlenko VV. Development of helium membrane extraction plant at the Chayandinskoye oil and gas condensate field. In: Vladimirov AI, Lapidus AL (eds.) *Gas chemistry at the present stage of development*. Iss. 10. Moscow: National University of Oil and Gas “Gubkin University”, 2020. p. 75–91. (In Russian)
- (12) Khan SA, Igoshin AI, Teplov MK, Zhilenko EA, Babayan MA, Panteleev DV, et al. Experience of underground storage of gaseous helium concentrate at the Orenburg Helium Plant. *Gas Industry*. 2012; 684(S): 28–31. (In Russian)
- (13) Khan SA, Igoshin AI, Kazaryan VA, Skryabina AS, Sokhranskiy VB. *Underground helium storage*. Izhevsk: Institute for Computer Research [Institut kompyuternykh issledovaniy]; 2015. (In Russian)
- (14) Ruban GN, Bondarev VL, Koroleva VP, Korolev DS. Assessment of the possibility of construction the helium concentrate's storage facilities in the Irkutsk Region. *Gas Industry*. 2010; 645(4): 24–25. (In Russian)
- (15) Gazprom Dobycha Orenburg LLC. *Smart Helium*. Available from: <https://orenburg-dobycha.gazprom.ru/press/news/2016/08/1011/> [Accessed: 5 March 2021]. (In Russian)
- (16) Larionov AV. *Organizational and economic mechanisms for the rational development of the helium resource of the Republic of Sakha (Yakutia)*. PhD thesis. North-Eastern Federal University. 2018. (In Russian)