

УДК 546.291:001.126(100)

Якупени В.П.ФГУП «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ)», Санкт-Петербург, Россия ins@vniagri.spb.su

ТРАДИЦИОННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕЛИЯ

Приводится краткое описание гелия: характеристика общих свойств, перечислены важнейшие из них в геологическом отношении, распространение гелия в природе. Уделено внимание извлечению гелия из природных газов. На примере зарубежных стран приведено описание способов сохранения ресурсов качественного гелиевого сырья. Рассмотрены области применения гелия, основанные на его уникальных свойствах. Прослежена история развития промышленного производства гелия, а также показаны предполагаемые области применения гелия в перспективе. Даны динамика мирового потребления гелия и прогноз спроса до 2020 г. Указано на несоответствие использования и освоения, имеющихся в России высококачественных газогелиевых ресурсов, потребностям и возможностям.

Ключевые слова: гелий, гелиесодержание, высокогелиеносные газы, гелиегазохранилища, ресурсы гелия, инновационные технологии.

Свойства гелия. Большинство областей применения гелия, как и условий его накопления в недрах, определяются его свойствами. Кратко охарактеризуем их.

Гелий (He) одноатомный газ с двумя электронами в наружном слое. Его атомная масса 4,0026, входит в VIII группу таблицы Менделеева вместе с Ne, Ar, Kr, Xe и Ra. Замкнутость и насыщенность электронной оболочки его атома исключает возможность не только ковалентных, но и ионных связей гелия с любыми другими элементами. Не образует гелий и гидратов (газовых клатратов). Поэтому в естественных условиях Земли гелий совершенно инертен. Плотность гелия – 0,178 кг/м³ (н.у.), плохо растворим в воде – 9,78 см³/л (н.у.). Температура кипения гелия – вблизи абсолютного нуля – 4,22°K, самая низкая среди жидкостей. При испарении 1 л жидкого гелия образуется 700,3 л газообразного.

Известно два стабильных изотопа гелия – легкий – He³, с атомной массой 3,01603, и тяжелый - He⁴ - 4,00260. Распространенность легкого гелия в земных объектах крайне незначительна. Отношение He³/He⁴ меняется в них в пределах 10⁻⁵-10⁻⁹, в космических объектах достигает 10⁻¹–10⁻². В жидком состоянии тяжелый изотоп гелия при температуре ниже 2,186°K (He-II) не подчиняется классическим законам движений жидкости, проявляя свойство сверхтекучести. Крайне высока и теплопроводность гелия в жидком состоянии – в тысячи раз выше теплопроводности меди и серебра.

Гелий диамагнитен, что обусловлено замкнутым состоянием его электронной оболочки. Ни цвета, ни запаха он не имеет.

В геологическом отношении наиболее важными его свойствами, помимо полной химической инертности являются его легкость – уступает только водороду, малый диаметр атомов ($2,7 \text{ \AA}$), низкая адсорбционная способность, низкая растворимость в пластовых водах, высокая диффузионная способность и проницаемость, а также наличие двух стабильных изотопов – He^4 и He^3 с огромной дискриминацией масс ($10^{-6} - 10^{-8}$). Комплекс именно этих свойств определяет своеобразие поведения гелия в естественных земных условиях. Он легче, чем другие атомы мигрирует в недрах, переходит в атмосферу и вместе с водородом диссипирует (улетучивается) из нее, не удерживаясь гравитационным полем Земли и формируя, по В.И. Вернадскому (1911 г.) гелиево-водородный шлейф Земли в космическом пространстве, подтвержденный значительно позже космическими исследованиями.

Источники промышленного получения гелия и его цена. Гелий широко распространен в природе, но крайне рассеян, в свободном виде в недрах он не встречается. В промышленных масштабах его получают из природных газов, в которых он присутствует в качестве компонента-примеси. Наиболее высокие содержания гелия сосредоточены в древнейших газопродуктивных отложениях, к ним же приурочены и основные его мировые запасы – 38,6 млрд.м³ (65%). Вместе с утилизацией природных газов как энергетического сырья идут и попутные потери гелия. При сгорании газа он переходит в атмосферу и улетучивается в межпланетное пространство. В воздухе всего 0,00052 % гелия, поэтому получать его на воздухоразделительных установках, как например Ar, которого 0,9 %, не рентабельно и не эффективно.

Все гелиевые заводы в мире извлекают его из природных газов путем низкотемпературной ректификации, т.е. ожижением практически всех газовых компонентов, кроме He, Ar и H₂, остающихся в газовой фазе после перехода N₂ в жидкое состояние ($t_{\text{кип.}}^{\text{N}_2} \sim$ минус 195,8 °C). Поскольку низкие температуры достигаются в основном многократным сжатием и адиабатическим расширением газа, то есть компрессорными установками, то очевидно, что это металло- и энергоемкий процесс, поэтому чем выше гелиесодержание в исходном газе, тем ниже его себестоимость. Современная цена гелия на мировом рынке – 2,5-3,5 долл. США/м³ (франко-завод) и выше. Газовыми месторождениями с высокими гелиесодержаниями (> 0,2%) и крупными запасами (> 100 млн.м³) располагают немногие страны мира. В их числе Россия, США, Канада, Алжир. В последнее десятилетие гелий получают также из остаточных газовых смесей (N₂, He, Ne) на предприятиях по производству сжиженных газов (СПГ).

За исключением России высокогелиеносные газы повсеместно активно разрабатываются и в основном лишь с частичным извлечением гелия. В результате его ресурсы постепенно истощаются.

Одновременно области применения гелия расширяются, соответственно растут объемы его производства, составившие только за 1995-2005 гг. – 5,7% в год. Замены гелию нет. Слишком специфичны и уникальны его свойства и, соответственно области применения. Может случиться так, что ко времени максимальной потребности в гелии его качественные ресурсы будут в значительной мере утрачены при газодобыче.

Единственным способом сохранения ресурсов качественного гелиевого сырья, не тормозящего газодобычу, - его предварительное извлечение из газов в объеме, превышающем спрос на него, и закачка излишков в подземные гелиегазохранилища в виде гелия-сырца (азотно-гелиевого концентрата). Именно этот способ был успешно реализован в США в 1963-1973 гг. на государственном уровне, при освоении высокогелиеносных газов Мидконтинента (He – 0,4-2,5%), позволивший сохранить от утраты около 1 млрд. м³ гелия. В 1996 г. основной объем накопленного в хранилище государственного резерва гелия был приватизирован и начата его активная распродажа новыми владельцами (Дж. Кемпбелл). Вряд ли это можно рассматривать как рациональное завершение Программы охраны его ресурсов, но это стандартное предпочтение рыночных принципов экономики над государственными, в том числе и стратегическими.

Важно отметить, что в России современных законодательных мер по охране (защите) ресурсов гелия от потерь, в отличие от США, практически нет, и как только будет проложен газопровод к Тихому океану, ежегодные потери гелия, если его предварительно не извлекать, будут близки к масштабам его мирового потребления. Именно поэтому целесообразно оценить области применения и, соответственно, значимость гелия как товарного продукта на мировом рынке, тем более, что все они связаны с инновационными технологиями.

Применение гелия. Открытый на рубеже 19-20 веков, вначале в спектрах солнечных протуберанцев в 1868 г. П. Жансеном и Дж. Локьером, и позже на Земле в 1895 г. У. Рамзаем,- гелий долгое время оставался предметом интенсивных исследований, но применялся лишь в ограниченных количествах, в основном в научно-исследовательских целях. Первый толчок к промышленному производству гелия был дан в эпоху дирижаблестроения в Первую Мировую войну. Вторая Мировая война стимулировала развитие многих отраслей военно-промышленного комплекса и увеличила потребление

гелия. К примеру, если в 1940 г. производство гелия в мире составляло 35 тыс.м³, в 1950 г. - 2,3 млн.м³, в 2000 г. оно уже достигло 146 млн.м³.

Многие наиболее широкие области применения гелия связаны преимущественно с его свойствами инертной среды, особенно необходимой при производстве и обработке легко окисляющихся металлов. Получение металлического урана, плутония, циркония, титана, лития и многих других идет в инертной среде. Для удаления из сплавов растворенных газов при формировании особо чистых отливок расплавленный металл барботируют мелкими пузырьками гелия, практически полностью дегазируя металл. Другие инертные газы растворяются в расплавах, снижая механическую прочность отливок.

Нередко в металлургии вместо гелия используют более дешевый аргон, полученный из воздуха, где его почти 1%. Но им не всегда можно заменить гелий. Гелий более электропроводен, чем аргон, поэтому дает более высокие температуры и скорость дуговой сварки. Из-за возможности «прожига» чаще при дуговой сварке используется гелиево-аргоновая смесь, играющая роль защитной среды, особенно для легко окисляющихся металлов. При этом надобность во флюсах и покрытиях, а соответственно, в очистке сварочных швов, отпадает. В гелиево-аргоновой среде возможна сварка очень тонких, в долях миллиметра, деталей, с высокой чистотой и прочностью шва, но толстые детали предпочтительно сваривать в гелиевой среде, из-за возможности получения более высоких температур. Высокий потенциал ионизации гелия позволяет дуге гореть в его атмосфере с вдвое большим напряжением, чем в атмосфере аргона. В результате увеличивается скорость сварки.

Особую значимость гелий приобрел после открытия его особых свойств – сверхтекучести и сверхпроводимости. Явление сверхтекучести было открыто П.Л. Капицей в 1938 г. Этой способностью течь без вязкости (трения) обладает He⁴ при температуре минус 271,1°С и давлении 2,5 МПа. Широко используется также самая высокая после водорода проницаемость гелия, но, в отличие от водорода, в условиях безопасного ведения работ.

Ёмкая ретроспективная характеристика роли гелия в развитии современной мировой науки и техники дана А.М. Архаровым: *«...Получение и использование гелия в XX столетии дало человечеству принципиально новые знания и достижения: получены сверхнизкие температуры; открыты экстремальные свойства материи – сверхпроводимость и сверхтекучесть; построены уникальные энергетические объекты – «токамаки», криотурбогенераторы, ускорители заряженных частиц; созданы высокоточные новые измерительные и диагностические приборы – сквиды, томографы и др. Гелий получил*

широкое применение в самых разнообразных областях науки и практики – от космических исследований до металлургии и медицины. По оценкам ведущих специалистов роль гелия в XXI столетии возрастет» (1994 г.).

В табл. 1 приведены сведения о структуре использования гелия во второй половине XX века в мире. Как видно из нее, это отрасли высокоточных, инновационных технологий, стратегически важные для обеспечения технического прогресса во многих отраслях.

Таблица 1

Структура и динамика использования гелия в США, % с учетом областей его применения

Область использования	Годы			
	1960-1970	1990-1994	1997	2000
Криогенная техника и технология	20	33	24	н.с.
Сварка	15	19	18	16
Отображение магнитного резонанса	-	-	-	18
Космическая программа	45*	18	н.с.	н.с.
Защитные атмосферы	12,5	11	н.с.	н.с.
Воздухоплавание (дирижабли, метеорология, воздушные зонды и пр.)	н.с.	4	16	17
Волоконная оптика	-	-	-	9
Дыхательные аппараты	-	-	3	3
Определение утечек (течеискатели)	2,5	4	6	6
Прочие (теплопередача, включая реакторы; очистка и подача газов, промышленные и научные исследования и др.)	2,5	7	27*	25*

* Самый высокий объем внутреннего потребления гелия в США – более 100 млн.м³ отмечен во время реализации космической программы «Аполлон». Каждый запуск «Шатла» в космос требует 20 тыс.м³ гелия. Объем внутреннего потребления гелия в США в 1997 г. составил 69,5; в 2000 г. – 89,6 млн.м³.
Источники сведений: И.Л.Андреев; Criogas 2000. U.S. Geological Survey.

Крупными областями применения гелия в перспективе, по-видимому, будут ядерная и криогенная техника и технология. Важны в частности энергетические установки нового поколения: токамаки, МГД-генераторы, криотурбогенераторы, уникальные электродвигатели со сверхпроводящими обмотками, сверхпроводящие индуктивные накопители для консервации электроэнергии и выравнивания пиковых нагрузок, передача электроэнергии по сверхпроводящим кабелям без ее потерь. Приведем пример любопытного

эксперимента по сохранению электроэнергии с помощью свойства сверхпроводимости. Наведенный магнитным полем ток в несколько сот ампер на свинцовое кольцо, помещенное в среду жидкого гелия, в течение двух лет не затухал, не изменился и не выделял тепло.

Сверхпроводящие роторы-магниты для скоростного транспорта, позволяют развивать наземную скорость движения до 580-600 км/час. Уже созданы такого рода транспортные линии (Китай, Япония). Поезд на «магнитной подушке», поднимаясь над рельсами, примерно на 10 см, развивает скорость в 584 км/час. В Китае действует ветка Шанхай-аэропорт (32 км – 7 мин.), есть она и в Японии.

При температуре жидкого гелия резко меняются свойства веществ – становятся практически невозможными химические реакции даже между кислотами и щелочами, прочность алюминия на разрыв возрастает в 100 раз.

С помощью жидкого гелия созданы и все шире реализуются во всем мире уникальные приборы – магнитные томографы для диагностики в медицине путем сканирования внутренних органов, с высоким разрешением. Каждый томограф расходует до 12-15 л жидкого гелия в сутки. В начале 1987 г. в клиниках США эксплуатировалось около 700 томографов и их число неуклонно возрастает во всем мире. В России широкого распространения они еще не получили, но в крупных мегаполисах они уже имеются. Сквиды – сверхпроводящие квантовые интерферометры, позволяют измерять сверхмалые величины магнитных полей до 10^{-14} Тл, силы тока до 10^{-16} А, напряжений до 10^{-15} В. Противоспутниковые снаряды, по программе СОИ (США), снабжены детекторами, охлаждаемыми жидким гелием. Легкий гелий (He^3) – единственный из элементов, пригодный для измерения температур ниже $1^\circ K$.

Недавно запущенный в Швейцарии андроновый коллайдер для решения многих фундаментальных основ физики, включая строение элементов и ядерную энергетику, заполнен на всю протяженность (24 км) жидким гелием. Небольшой сбой в обеспечении технических условий привел к утечке 1 тонны жидкого гелия и приостановке международного эксперимента, крайне высокой важности и стоимости.

Последние два десятилетия ознаменовались открытием сверхпроводников второго рода – сплавов Nb-Zr, Nb-Ti, Nb₃Sn, V₂Si с более высокими температурами сверхпроводимости, вплоть до 18-21°K. Это температуры вблизи жидкого неона (-245,93°С и даже азота – 195,78°С). Сверхпроводники второго рода расширяют области применения их в криогенной технике за счет способности сохранять сверхпроводящее состояние при прохождении по ним больших токов – $10^4 - 10^5$ А/см², формируя крайне высокую напряженность магнитных

полей. Но эти новые сверхпроводники имеют физические ограничения – ломкость (хрупкость) и низкую электрическую емкость для проходящего тока, что ограничивает их использование. Конкурирующая система так и не заняла место гелия в криогенике, поскольку жидкий гелий позволяет реализовать обычные проводники и аппаратуру, обеспечивающую необходимую для потребителей мощность систем.

Перспективен гелий и при подводных работах, в искусственной дыхательной атмосфере в замкнутых пространствах – он мало растворим в крови, с высоким коэффициентом диффузии, что облегчает дыхание и сокращает время десатурации. Смесь из одного объема кислорода и четырех объемов гелия, в 3 раза легче воздуха. Она легко проникает в легкие, обеспечивает их кислородом и выносит углекислый газ. Особое достоинство гелиево-кислородных дыхательных смесей - возможность работы водолазов до глубин 200-300 м, вместо 50 м, на которых отмечается азотный наркотический эффект. Ныне эта отрасль не слишком широкий потребитель гелия, но вместе с расширением объемов подводных работ при освоении полезных ископаемых шельфа и океанов потребность в гелии возрастет.

Значительны также объемы потребления гелия, связанные с баллонным воздухоплаванием – аэростаты, метеозонды и пр. Именно эта отрасль явилась пионерской в промышленном использовании и производстве гелия. Подъемная сила гелия почти равна водородной – 92% от нее, но гелий совершенно безопасен, в отличие от водорода, а идеи возрождения дирижаблестроения развиваются и реализуются. Объем гелия необходимый для заполнения обычного дирижабля - 50 тыс.м³. С их помощью могут поставляться тяжелые негабаритные грузы в таежных и горных условиях, при отсутствии дорог.

В атомной энергетике особенно привлекательна устойчивость гелия к различным радиационным излучениям и его высокая теплопроводность. Главная экологическая опасность ядерных реакторов – перегрев активной зоны, приводящий к разрыву защитной оболочки и выбросу радиационных веществ. Не секрет, что без АЭС значимые перспективы в энергетике пока еще не просматриваются, но все оповещены об их опасности. По разработкам американских специалистов на основе гелиевых охладителей возможно создание реакторов с «врожденной безопасностью». Это система керамических блоков с теплоносителями, погруженными в землю. Их масса значительно меньше критической и не способна к соединению и спонтанному делению из-за разобщенности блоков. Гелий для них охладитель с высокой теплопроводностью и устойчивостью к радиации. Создание модульных ядерных реакторов в керамических оболочках с гелиевым охладителем,

размещенных под землей, исключит в принципе такие аварии как Чернобыльская, Тримай-Айленд и др.

Основная сложность в широком использовании гелия в качестве теплоносителя в ядерных реакторах – его высокая проницаемость. При температурах в реакторе около 600°C и давлении 60 атм. через стенки трубы из аустенитовой стали диффундирует $1 \cdot 10^{-9}$ л/см²·с. Любой микродефект в сварке системы может привести к потере гелия. Сама утечка гелия не опасна – он не радиационен, опасна его потеря как теплоносителя. Но регистрация начала процесса утечки гелия проста с помощью гелиевых течеискателей, основанных на крайне низком его содержании в атмосферном воздухе – 0,0005%. Использование оболочек ТВЭлов из алюминиевых сплавов повышает их надежность. Перспективность проблемы создания безопасных реакторов с гелиевым теплоносителем вынуждает вести интенсивные исследования, в том числе и в этом направлении. Возможно, что это один из будущих типов АЭС.

Очень широк объем использования гелия в космических исследованиях. Каждый запуск многоразовых космических кораблей по программе «Шатл» требует 20 тыс.м³ гелия. Вместе с неизбежным в перспективе развитием космических исследований нужны крупномасштабные имитаторы космических условий для оценки надежности аппаратов, в частности криогенно-вакуумные камеры большой емкости. Глубокий вакуум получают с помощью жидких гелия и неона, которые действуют как насос, вымораживая на охлаждаемой поверхности все адсорбированные газы в испытательной камере. Так, в частности, был испытан космический корабль «Буран» на герметичность. Поверхность гелиевого конденсационного крионасоса в камере емкостью 10 тыс.м³ составила при этом 400 м².

Иногда возникают и довольно неожиданные области применения сверхпроводящих магнитов, базирующихся на жидком гелии. Так в б. Чехословакии, славящейся в мире качеством своего стекольного производства, в конце 80-х годов был разработан и внедрен метод магнитной очистки и сепарации каолинов, что позволило не только повысить чистоту глинистых фракций, но и резко ускорить процесс отмучивания глин.

В целом гелий – это элемент современных и будущих высоких инновационных технологий. Области его применения ныне принято делить на две сферы – «холодный» гелий с температурами его реализации от 0,1 до 10 °К и «теплый» гелий – 273-6000°К. В настоящее время примерно 70% гелия используется как «теплый» и лишь 30% - в холодных циклах (табл. 2).

Перечень, приведенный в табл. 2, конечно, не полный. Направлений исследования гелия значительно больше. С годами они постоянно расширяются, также как и объемы его использования. В частности, последние годы ознаменовались увеличением объемов использования гелия в полупроводниковой индустрии, волоконной оптике, выращивании германия и силиконовых кристаллов, используемых при производстве оптического волокна, при производстве сотовых телефонов и пр.

Таблица 2

**Основные области применения гелия (He^4 и He^3), в том числе в перспективе
(А.М. Архаров с дополнением)**

Холодный гелий (0,1-10 °К)	Теплый гелий (273-6000 °К)
- выработка электроэнергии – (МГД-генераторы с мощностью до 5000 МВт, криотурбогенераторы, токамаки и пр.);	- сварка и резка металлов;
- ускорители, синхрофазотроны, коллайдеры;	- системы охлаждения в реакторах (устойчив к радиационным излучениям, высокая теплопроводность)
- криогенно-вакуумные камеры для контроля за космическими аппаратами,	- инертные атмосферы;
- приборостроение и диагностика (магнитные томографы в медицине; сквиды для измерений экстремально малых величин силы тока, напряжений, магнитных полей; спектрометры, болометры для измерения излучений и пр.);	- течеискатели;
- очистка и сепарация веществ, в том числе на основе сверхпроводящих магнитов;	- производство микроэлектроники (сотовые телефоны и пр.);
- сохранение и накопление энергии – индуктивные накопители энергии для выравнивания пиковых нагрузок, передача электроэнергии;	- гелиевые лампы, лазеры;
- гелиевые охладители для атомных реакторов;	- воздухоплавание (атмосферные зонды, аэростаты, дирижабли);
- электродвигатели, ракетные, космические двигатели;	- медицина
- скоростной наземный транспорт на магнитном подвесе (до 500-600 км/час);	- дыхательные смеси для расширяющихся во всем мире подводных работ в связи с добычей нефти и газа на шельфе. Время десатурации на порядок меньше, чем в других атмосферах;
- получение сверхнизких температур (0,001 °К), в том числе для реализации сверхпроводимости и других исследований	- исследования возможной реализации термоядерной реакции нового типа с He^3 (T~6000 °К)

Но мы должны подчеркнуть, что практически все отрасли потребления гелия это новые и прогрессивные технологии, еще только развивающиеся, а современные потери гелия при

утилизации гелийсодержащихся газов резко превышают объемы его потребления и производства. Когда объемы потребления гелия возрастут вместе с техническим прогрессом, его качественная сырьевая база уже в значительной мере будет утрачена, если не принять соответствующих мер по охране качественных ресурсов гелия.

Ныне в мире извлекается из газов примерно 150-170 млн.м³ гелия, попутно утрачивается еще около 600-650 млн.м³ при их утилизации. Это объективная и нерегулируемая реальность, т.к. извлечение гелия из газов технологически сложный и экономически дорогой процесс, он не может охватывать переработку всего, даже высококачественного газогелиевого сырья, утилизируемого в энергетических целях. Но одновременно с этим приходится учитывать, что сырьевая база качественного газогелиевого сырья в мире ограничена и невосполнима. К тому, же гелию во многих областях его применения замены нет.

Спрос на него ныне растет, особенно на рынке стран Азиатско-Тихоокеанского региона. На протяжении полувека устойчивый рост годового потребления гелия составляет 6-7%, иногда затормаживается до 4-6%, порой форсируется в отдельных странах до 9-10%, но в целом неуклонно возрастает, вместе с прогрессом в техническом и экономическом развитии мирового сообщества, особенно в ходе укрепления экономики развивающихся стран с крайне плотным населением и высоким спросом на все виды сырья.

Основываясь на уже сложившихся тенденциях технического развития и, соответственно, динамики потребления гелия, можно сравнительно уверенно экстраполировать рост его потребления, что обычно и делается (табл. 3), но невозможно прогнозировать его скачкообразный рост, основанный либо на резком расширении уже известных сфер его применения, либо на выявлении новых областей его использования.

Пример первого – уже упомянутое выше создание короткой транспортной ветви в Китае на магнитном подвесе (использование явления сверхпроводимости гелия) увеличило объем его потребления на 24%. Предполагается строительство еще одной ветви на 150 км, соответственно возрастет и потребление гелия в одном только Китае. Ведутся также аналогичные работы в Японии, а также полигонные испытания и в Германии по созданию Трансевропейской линии (Trans-Rapid), и экспериментальные исследования в США. Резко расширена и продолжает распространяться во всем мире служба томографии (ЯМР) в медицинской диагностике и пр.

Условный пример второго – извлечение легкого изотопа гелия –He³ из земного, а не лунного гелия (оба источника пока из области абстракции) для осуществления в энергетике

проекта управляемого термоядерного синтеза –He³ с дейтерием, что может резко расширить объемы его потребления уже не в столь отдаленном будущем.

Таблица 3

Динамика мирового потребления гелия и прогноз спроса, млн.м³/год

Страны	Потребление по годам, млн.м ³							
	1982	1987	1992	1994	1998	2000	2010***	2020
США*	24,6	49,3	65,2	69,2	84,2	89,6	110	180-200
Страны Европы	7,4	9,8	17,1	18,8	25	26	40	70-80
Канада	-	-	-	-	2,5	3	25	30-35
Россия	3,6	7,8	3,8	-	<1	<1	5-10	10-15
Другие страны**	2,8	2,0	6,5	8,2	6,3	7,0	12-17	40-45
Всего	40,3	73,5	102,7	106,5	133	140	210-220	380-410

* - Объемы потребления гелия в США в более ранние годы, млн.м³: 1950 – 2,3; 1955 – 6,7; 1960 – 14,3; 1965 – 19,8.

** - Объемы потребления гелия к 2020 г. В Китае достигнут 10-15 млн.м³/год, в Индии – 5-10 млн.м³/год.

*** - Финансово-экономический кризис 2009 г. видимо снизит спрос на гелий

Источник: Минеральные ресурсы России», №2, 2001; «Нефть, газ и энергетика», № 3, 2006.

Совокупность этих двух процессов – устойчивое расширение областей потребления гелия во всем мире при ограниченности его ресурсов и ускоренной их попутной потере при утилизации гелийсодержащих природных газов в качестве энергосырья вызывает естественную настороженность среди исследователей, прежде всего зарубежных, ориентированных на расширенные объемы потребления гелия в перспективе.

В частности, при спонсорской поддержке компаний ВОО (Британская компания по индустриальным и специальным газам) и программы UKAEA's Fusion Engineering Outreach планировалось начать с 2007 г. трехгодичные исследования при Кембриджском Университете по проекту «Ресурсы гелия» с основной целью – «определить долгосрочность наличия гелия и потребности в нем... помочь разобраться в том, как использовать наши ресурсы гелия, чтобы не было дефицита в будущем». Ожидаемый результат исследований – «установить как долго индустрия может рассчитывать на этот редкий ресурс». Постановка вопроса естественна, особенно если ориентироваться на крупномасштабных потребителей гелия, таких как сверхскоростной транспорт на магнитном подвесе, защита атомных реакторов, разработка новых типов энергии и пр., т.е. крайне капиталоемких производств, основанных на единственном и незаменимом во многих отраслях виде сырья – гелии.

Нет необходимости характеризовать состояние НИР и НИОКР в России в области использования и освоения имеющихся высококачественных газогелиевых ресурсов. Достаточно отметить, что при производстве гелия в России в объеме 3,7 млн.м³ в 2004 г. и 1,64 млн.м³ в 2005 г. (данные Государственного баланса гелия) внутреннее его потребление менее 1,0 млн.м³, что безусловно не соответствует ни потребностям, ни возможностям страны.

Литература

Андреев И.Л. Гелиевая промышленность в России и мировой опыт создания и эксплуатации гелиевого оборудования // Химическое и нефтяное машиностроение, 1995. - № 2. - С. 16-22.

Архаров А.М. Гелий: история открытия, технологии ожижения, области применения // Химическое и нефтяное машиностроение, 1995. - № 2. - С. 2-9.

Каменский И.Л., Якуцени В.П., Мамырин Б.А. Изотопы гелия в природе // Геохимия. 1971. - № 8. - С. 914-930.

Минеральные ресурсы мира. - М, 2004. - Т. 2. - С. 68.

Фастовский В.Г., Ровинский А.Е., Петровский Ю.В. Инертные газы. - М.: Атомиздат, 1972. - 352 с.

Якуцени В.П. Сырьевая база гелия: состояние, перспективы освоения и использования // Минеральные ресурсы России. Экономика и Управление, 2001. - № 2. - С. 10-22.

Campbell J. Position of the American Government regarding to helium – two ways to a reform // Cryo Gas International J., 1994. - v. 33. - № 4.

Hamark J.E., Gage B.D. Helium Resources of the United States. 1991. Bureau of Mines I.C. – 9342 / US Department of the Interior, 1993. – 18 p.

Yakutseni V.P.

All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St.-Petersburg, Russia
ins@vnigri.spb.su

TRADITIONAL AND PROSPECTIVE SPHERES OF HELIUM USE

A brief description of helium (characteristic of its general properties, the most important of them in a geological sense, its occurrence in nature) is given. Much attention is given to helium recovery from natural gases. The description of ways of preserving the qualitative helium resources is shown on the example of foreign countries. The fields of application of helium based on its unique properties are considered in some detail. The history of developing the industrial production of helium is traced and the proposed fields of helium use in the future are shown. The dynamics of helium world use is considered, the forecast of demand for helium is given to 2020. An unbalance between using and developing the Russia highly qualitative gas-helium resources and its demands and possibilities is shown.

Key words: helium, helium content, high-helium-bearing gases, helium-gas storage, helium resources, innovation technologies.

References

Andreev I.L. Gelievaâ promyšlennost' v Rossii i mirovoj opyt sozdaniâ i èkspluatácii gelieвого oborudovaniâ // Himičeskoe i neftânoe mašinostroenie, 1995. - # 2. - С. 16-22.

Arharov A.M. Geliĵ: istoriâ otkrytiâ, tehnologii oŷiŷeniâ, oblasti primeneniâ // Himičeskoe i neftânoe mašinstroenie, 1995. - # 2. - S. 2-9.

Kamenskij I.L., Âkuceni V.P., Mamyrin B.A. Izotopy geliâ v prirode // Geohimiâ. 1971. - # 8. - S. 914-930.

Mineral'nye resursy mira. - M, 2004. - T. 2. - S. 68.

Fastovskij V.G., Rovinskij A.E., Petrovskij Ū.V. Inertnye gazy. - M.: Atomizdat, 1972. - 352s.

Âkuceni V.P. Syr'evaâ baza geliâ: costoânie, perspektivy osvoeniâ i ispol'zovaniâ // Mineral'nye resursy Rossii. Èkonomika i Upravlenie, 2001. - # 2. - S. 10-22.

Campbell J. Position of the American Government regarding to helium – two ways to a reform // Cryo Gas International J., 1994. - v.33. - № 4.

Hamark J.E., Gage B.D. Helium Resources of the United States. 1991. Bureau of Mines I.C. -9342 /US Department of the Interior, 1993. – 18 p.