



УДК 622.324.7:622.692(571.5)

ЭФФЕКТИВНОЕ ХРАНЕНИЕ – КЛЮЧ К ОСВОЕНИЮ ГЕЛИЕВОГО РЕСУРСА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

А. И. Сивцев, А. Р. Александров, Д. М. Петров

Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия

Рассмотрена проблема эффективного освоения гелиевых ресурсов восточносибирских месторождений нефти и газа в средне- и долгосрочной перспективе. На примере Чаюдинского нефтегазоконденсатного месторождения сделана прогнозная оценка невостробованного рынком количества гелия до 2030 г. Для эффективного управления гелиевыми ресурсами разрабатываемых месторождений и извлечения максимальной прибыли рекомендована организация централизованного хранилища гелия. Отмечено, что классическое хранилище в пористых пластах небольшого по запасам газового месторождения представляется наименее затратным и более надежным. Замечено, что вдоль газопровода «Сила Сибири» наиболее приемлемое расположение между основными гелийсодержащими месторождениями юго-западной Якутии и Амурским газоперерабатывающим заводом имеет подготовленная к глубокому бурению Нижнеджербинская структура. Главной выгодной ее особенностью является морфология: структура представляет собой вытянутую в северо-восточном направлении узкую высокоамплитудную брахиантиклиналь (до 2,8–5,6 км в поперечнике), осложненную тремя куполами. Показана принципиальная возможность разведки и выработки залежи Нижнеджербинской структуры с применением горизонтального бурения, что полностью исключит риски утечки высокоподвижного гелиевого концентрата при организации подземного хранилища. По общегеологическим предпосылкам здесь перспективны рифейский, терригенный вендский и карбонатный верхневендско-нижнекембрийский комплексы отложений. Обосновано, что по небольшой глубине залегания и высокой вероятности наличия эффективного флюидоупора (соленосные отложения юрегинской свиты) для организации пластового хранилища гелия более всего подходит интервал отложений, сопоставляемый с осинским продуктивным горизонтом.

Ключевые слова: Восточная Сибирь, ресурсы гелия, газопровод «Сила Сибири», подземное хранение, Нижнеджербинская структура, осинский горизонт, горизонтальное бурение.

EFFECTIVE STORAGE IS A KEY TO HELIUM RESOURCE DEVELOPMENT OF EAST SIBERIA

A. I. Sivtsev, A. R. Aleksandrov, D. M. Petrov

Institute of Oil and Gas Problems of the SB RAS, Yakutsk, Russia

The article deals with the problem of efficient development of helium resources of East Siberian oil and gas fields in the medium- and long-term prospects. A prediction estimate of helium volumes unclaimed by the market until 2030 was made using the Chayandinskoye oil and gas condensate field as an example. To effectively manage the helium resources of the developed fields and maximize profits, it is recommended to organize a centralized helium storage facility. It is noted that the classic storage in porous reservoirs of a gas field small in reserves is the least expensive and reliable. The area between the last helium-containing field and the Amur gas processing plant along the Power of Siberia gas pipeline is indicated as the most acceptable location for the helium storage facility. From the standpoint of the closest location to the Power of Siberia gas pipeline, the Nizhnedzherbinskaya structure prepared for deep drilling is proposed for the organization of an underground storage facility for helium concentrate. In this case the main advantageous feature of the Nizhnedzherbinskaya structure is its morphology, which is a narrow, high-amplitude brachyanticline extended to the north-east direction (up to 2.8–5.6 km in diameter) and complicated by three domes. The peculiar morphology may allow exploring and developing the Nizhnedzherbinskaya structure without drilling in the apical part, through the use of horizontal drilling to completely eliminate the risk of leakage of highly mobile helium concentrate. Here, Riphean, terrigenous Vendian and carbonate Upper Vendian – Lower Cambrian deposits are promising according to general geological prerequisites. According to the optimal depth of occurrence and the presence of an effective fluid seal (salt-bearing deposits), the Osa productive horizon is the most suitable for organizing an underground reservoir of helium concentrate in the Bilirskaya section, in a number of giant fields in Western Yakutia (such as the Talakanskoye and Srednebotuobinskoye ones).

Keywords: East Siberia, helium resources, Power of Siberia gas pipeline, underground storage, Nizhnedzherbinskaya structure, Osa Horizon, horizontal drilling.

DOI 10.20403/2078-0575-2019-3-106-109

В газовой составляющей углеводородных месторождений Восточной Сибири содержится повышенное количество гелия. Исходя из анализа рынка гелия и имеющейся сырьевой базы в средне- и долгосрочной перспективе возникнет и будет только увеличиваться устойчивый спрос на этот газ [1].

Вместе с тем при плановых объемах добычи природного газа в Восточной Сибири количество высвобождаемого гелия представляется несоизмеримо большим даже по сравнению с нарастающим прогнозным уровнем его потребления. В этих условиях решение проблемы управления невостробованным объемом гелия весьма актуально.

Постановка проблемы

По оценкам «Газпром ВНИИГАЗ», к 2030 году мировое потребление гелия может достичь 238–312 млн м³, а производство будет составлять лишь 213–238 млн м³ [2], т. е. в мире возникнет устойчивый его дефицит.

По договору от 2014 г. между компаниями «Газпром» и «СНПС», ежегодно по газопроводу «Сила Сибири» из Якутского (Чаяндинское месторождение) и Иркутского (Ковыктинское месторождение) центров газодобычи будет поставляться до 38 млрд м³ газа в Китай в течение 30 лет. Кроме того, предусмотрено примерно 22 млрд м³ газа для нужд населения и промышленных предприятий Дальнего Востока.

Первым к газопроводу будет подключено Чаяндинское месторождение (Якутия), содержащее 8,1 млрд м³ балансовых запасов гелия по категориям А+В+С₁ и С₂, что составляет 30,41 % всех общероссийских запасов. Концентрация гелия в добываемом газе в среднем оценивается в 0,58 %. При годовом объеме добычи газа 25 млрд м³ (проектная мощность разработки месторождения, на которую ПАО «Газпром» планирует выйти к 2025 г.) объем попутного гелия составит до 145 млн м³ в год (рис. 1).

Это не окончательные данные, так как при полном или частичном подключении других крупных месторождений Восточной Сибири указанный объем может вырасти до 30%. Выход на мировой рынок такого количества гелия непосредственно повлияет на цены и может привести к негативным конъюнктурным изменениям. В связи с этим для обеспечения стабильности рынка возникает необходимость организации системы долгосрочного хранения гелия [3, 4].

Данную проблему ПАО «Газпром» планирует решать путем обратной закачки гелия в пласты разрабатываемого месторождения. С помощью двухступенчатой мембранной установки гелиевый концентрат будет выделяться из природного газа непосредственно на промысле, что позволит направлять в газопровод только востребованное количество

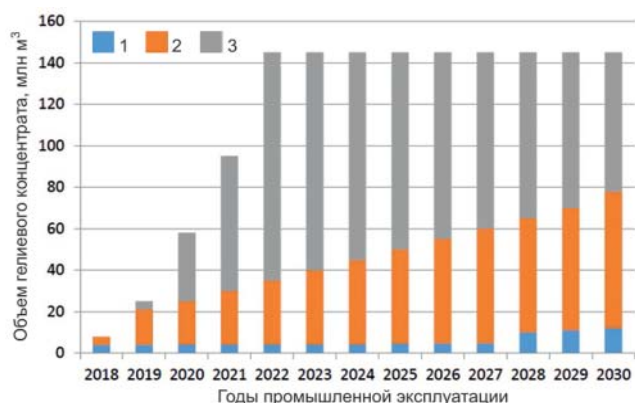


Рис. 1. Прогнозная динамика распределения гелия, извлеченного из природного газа Чаяндинского месторождения [6].

Объемы: 1 – внутреннего потребления; 2 – поставок на экспорт; 3 – невостребованные рынком

гелия. Предлагаемое решение имеет риски, связанные с негерметичностью скважин и необходимостью установки мембранных установок на каждом разрабатываемом месторождении. Поэтому предлагаемый вариант кажется нам временным и точечным.

Для концентрации всего объема гелия месторождений Восточной Сибири и возможности оперативного управления объемами его производства, а также для организации надежной системы транспортировки и сохранения концентрата необходимо на государственном уровне организовать централизованное хранилище. Это вполне реально в условиях Восточной Сибири [5].

Экспериментальная часть

Традиционно газохранилища обустривают либо в выработанных газовых залежах (пористых пластах) нефтегазоконденсатных месторождений, либо в соляных кавернах [6].

Второй вариант в характеризуемом регионе можно сразу исключить ввиду отсутствия мощных соляных пластов, поскольку подходящие по толщине (до 2000 м) соляные пласты среднепалеозойского возраста сосредоточены в Кемпендяйской впадине, а она логистически не вписывается в систему газопровода «Сила Сибири». Кроме того, реализация такого варианта будет отличаться высокой капиталоемкостью, большими времязатратами при обустройстве и ненадежностью соляных каверн при длительном хранении.

Таким образом, классическое хранилище в пористых пластах наименее затратно и куда более надежно. Преобладающее большинство газохранилищ размещено именно в пористых пластах (в США 94 %, в России 99 %) и только 3 % в соляных [6]. В связи с этим возможными объектами для создания хранилища гелиевого концентрата могут быть некоторые небольшие по запасам газовые месторождения.

При этом целесообразно располагать мембранную установку для извлечения и сохранения максимального количества гелиевого сырья между последней «врезкой» гелийсодержащего месторождения в газопровод и Амурским газоперерабатывающим заводом. В указанном интервале близко к газопроводу расположены Хотого-Мурбайское, Отраднинское и Бысахтахское месторождения в Предпатомском региональном прогибе. Многие исследователи отмечают высокую вероятность открытия здесь новых месторождений нефти и газа [7–9].

При организации газохранилищ необходимо снижать количество разведочных и эксплуатационных скважин до минимально возможного. Несмотря на развитие применяемых технологий и оборудования, обеспечивающих необходимую герметичность, распространенной проблемой подземных хранилищ газа является его миграция по негерметичным участкам цементного камня. На Хотого-Мурбайском, Отраднинском и Бысахтахском месторождениях скважины пробурены на сводовых частях структур

содержащих залежи газа, потому не исключены риски заколонной утечки гелия.

Исходя из приведенных критериев оптимально расположена подготовленная к бурению Нижнеджербинская структура на одноименного лицензионном участке, принадлежащем ПАО «НК «Роснефть» (рис. 2).

Нижнеджербинский участок расположен в зоне сочленения Джеюктинского выступа и Ньюско-Джербинской впадины (Предпатомский региональный прогиб). В разрезе осадочного чехла выделяются рифейский, терригенный вендский и карбонатный верхневендско-нижнекембрийский перспективные комплексы. Геолого-геофизическая изученность позволяет определять Нижнеджербинскую структуру как вытянутую в северо-восточном направлении узкую брахиантеклиналь, осложненную тремя куполами. По структурному положению и строению она сходна с Бысахтахской, где открыты промышленные залежи углеводородов в отложениях венда и венда – нижнего кембрия.

Глубокого бурения на участке не проводилось, ресурсы и запасы углеводородов на госбалансе не числятся. Учитывая преимущественный характер насыщения продуктивных горизонтов в близлежащих Бысахтахском, Вилюйско-Джербинском, Верхневилючанском и Отрадинском месторождениях, на Нижнеджербинском участке специалисты прогнозируют открытие газоконденсатных залежей.

В Западной Якутии в разрезе билирской свиты на Талаканском и Среднеботуобинском месторождениях выделяется осинский продуктивный горизонт. Он представлен кавернозно-пористыми доломитами и известняками, залегающими в кровле подсолевого комплекса под мощной толщей каменных солей юргинской свиты нижнего кембрия. По сейсморазведочным данным этот горизонт в пределах Нижнеджербинской структуры замыкается по изогипсе -1750 м и имеет ширину 2800–5600 м и длину до 35000 м. Ожидаемая толщина осинского горизонта 10–12 м.

В наиболее приподнятых частях осинский горизонт залегает на абсолютной глубине -1250 м. На близлежащих площадях его продуктивность установлена на Кэдэргинской площади, где в скв. 432 получен промышленный приток газа дебитом 76 тыс. м³/сут на диафрагме 9 мм [10].

Кроме того, перспективы нефтегазоносности связываются с карбонатными отложениями юрхской, кудулахской, успунской (преображенской) свит и терригенными отложениями бысахтахского горизонта. В целом структурные планы этих стратиграфических подразделений совпадают, но залегают они глубже осинского горизонта, что, разумеется, отразится на объеме капиталовложений при обустройстве подземного хранилища.

Дополнительным преимуществом Нижнеджербинской структуры является также ее морфология. На наш взгляд, идеальным резервуаром для хранения гелия могут быть высокоамплитудные вытяну-

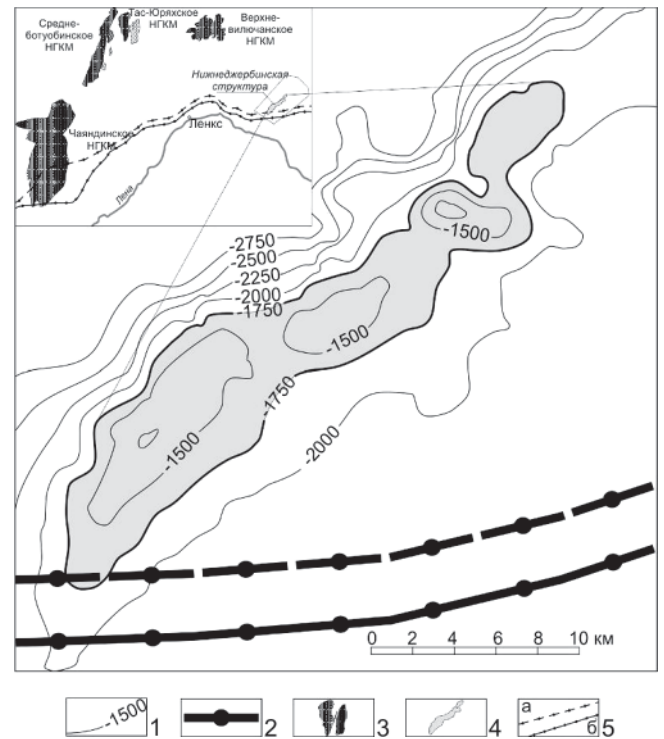


Рис. 2. Нижнеджербинская структура (по материалам АО «Якутскгеофизика»)

1 – изолинии по кровле верхнебилирской подсвиты, абс. глубины, м; 2 – проектная трасса газопровода «Сила Сибири»; 3 – наиболее крупные нефтегазоконденсатные месторождения Западной Якутии; 4 – Нижнеджербинская структура; 5 – трассы трубопроводов «Сила Сибири» (а) и ВСТО (б)

тые узкие структуры – месторождения газа, не разбуренные в апикальной части структуры. Вытянутые и узкие резервуары-месторождения технологически можно разведать и выработать даже без бурения в апикальной части структуры за счет применения горизонтального бурения. В этом плане предлагаемая структура при условии открытия мелкой залежи газа представляется оптимальной для хранения гелиевого концентрата. Выявленную газовую залежь можно ускоренно выработать и затем обустроить пластовое хранилище гелиевого концентрата.

Выводы

За время разработки месторождений Восточной Сибири может быть получено огромное количество гелиевого концентрата. Для минимизации потерь и эффективного управления стратегическим сырьем необходимо разрабатывать технологии и способы его длительного хранения. Наиболее эффективно и менее капиталоемко создание хранилища в пористых пластах выработанных залежей, для этих целей можно ускоренными темпами провести добычу всего газа на небольшом месторождении в коридоре газопровода «Сила Сибири», чтобы освободить поровое пространство для концентрата.

Среди подготовленных к бурению структур в Западной Якутии по местоположению и геологическому строению оптимальна Нижнеджербинская струк-



тура. Недропользователю можно порекомендовать проводить поисково-оценочные и разведочные работы и возможное освоение без бурения в апикальной части структуры для сохранения целостности сводовой части, чтобы впоследствии на ее основе организовать высокоэффективное подземное пластовое хранилище гелиевого концентрата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вотьяков Р. В.** Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Березовской впадины (восточная часть Предпатомской нефтегазоносной области) // Геология нефти и газа. – 2013. – № 2. – С. 15–21.
2. **Геология** и нефтегазовый потенциал юго-западных территорий Республики Саха (Якутия): реалии, перспективы, прогнозы / И. А. Кушмар, В. С. Ситников, Т. К. Баженова и др. – СПб.: ВНИГРИ, 2014. – 436 с.
3. **Звуйковский Н. И.** Рынок гелия в России // Oil Gas Journal Russia. – 2017. – № 03 (113). – С. 26–29.
4. **Комплексная** характеристика и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа верхневендско-нижнекембрийского аллохтонного карбонатного макрокомплекса Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) / Г. Г. Шемин, А. В. Мигурский, М. Ю. Смирнов и др. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. – № 1. – С. 32–55.
5. **Конторович А. Э., Коржубаев А. Г., Эдер Л. В.** Мировой рынок гелия // Аналитический портал химической промышленности. – Режим доступа: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=6308_cat_id=10_page_id=4.
6. **Коршак А. А., Шаммазов А. М.** Основы нефтегазового дела: учебник для вузов, 3-е изд. испр. и доп. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2005. – 528 с.
7. **Ларионов А. В.** Организационно-экономические механизмы рационального освоения гелиевого ресурса Республики Саха (Якутия): автореф. дис. ... к. э. н. – Якутск, 2018. – 21 с.
8. **Ларионов А. В., Павлов Н. В.** Перспективы эффективного использования и сохранения ресурсов гелия в Восточной Сибири // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13, вып. 6. – С. 157–167.
9. **Сафронов А. Ф.** О создании федерального запаса гелия на базе Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения // Вестн. ЦКР Роснедра. – 2012. – № 2. – С. 24–26.
10. **Сивцев А. И., Ситников В. С.** О проявлениях горизонтальных тектонических движений в низах осадочного чехла Березовской впадины в связи с нефтегазоносностью // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2014. – № 3. – С. 24–31.

REFERENCES

1. Votyakov R.V. [Geological structure and oil and gas potential of the Berезovskaya depression (eastern part of the Predpatom petroleum region)]. *Geologiya nefi i gaza – Oil and gas Geology*, 2013, no. 2, pp. 15–21. (In Russ.).
2. Kushmar I.A., Sitnikov V.S., Bazhenova T.K., et al. *Geologiya i neftegazovyy potentsial yugo-zapadnykh territoriy Respubliki Sakha (Yakutiya): realii, perspektivy, prognozy* [Geology and oil and gas potential of the southwestern territories of the Republic of Sakha (Yakutia): realities, prospects, forecasts]. Saint Petersburg, VNIGRI Publ., 2014. 436 p. (In Russ.).
3. Zvuykovskiy N.I. [Helium market in Russia]. *Oil Gas Journal Russia*, 2017, no. 3 (113), pp. 26–29.
4. Shemin G.G., Migurskiy A.V., Smirnov M. Yu., et al [Comprehensive characteristics and quantitative assessment of prospects of oil-and-gas content of regional oil and gas reservoirs of the Upper Vendian – Lower Cambrian allochthonous carbon-bearing macrocomplex of the Predpatom regional trough (Siberian Platform)]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2018, no. 1, pp. 32–55. (In Russ.).
5. Kontorovich A.E., Kozhubaev A.G., Eder L.V. [World helium market]. *Analiticheskiy portal khimicheskoy promyshlennosti* [Analytical portal of the chemical industry]. Available at: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=6308_cat_id=10_page_id=4. (In Russ.).
6. Korshak A.A., Shammazov A.M. *Osnovy neftegazovogo dela: uchebnyk dlya vuzov 3-e izd. ispr. i dop* [The basics of oil and gas business: a textbook for high schools, 3rd ed. corrected and add.]. Ufa, DizainPoligraf-Servis Publ., 2005. 528 p. (In Russ.).
7. Larionov A.V. *Organizatsionno-ekonomicheskie mekhanizmy ratsional'nogo osvoeniya geliyevogo resursa Respubliki Sakha (Yakutiya). Avtoref. diss. k. e. n* [Organizational and economic mechanisms for the rational development of the helium resource of the Republic of Sakha (Yakutia). Author's abstract of PhD thesis]. Yakutsk, 2018. 21 p. (In Russ.).
8. Larionov A.V., Pavlov N.V. [Prospects for the effective use and conservation of helium resources in East Siberia]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*, 2017, vol. 13, no. 6, pp. 157–167. (In Russ.).
9. Safronov A.F. O [On formation of federal stock of helium on the basis of Chajandinsky oil-gas-condensate field]. *Vestnik TsKR Rosnedra*, 2012, no. 2, pp. 24–26. (In Russ.).
10. Sivtsev A.I., Sitnikov V.S. [Some aspects of manifestations of horizontal tectonic movements in the bottoms of the sedimentary cover of Berезovskaya depression due to oil and gas occurrence]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy – Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, 2014, no. 3, pp. 24–31. (In Russ.).

© А.И. Сивцев, А.Р. Александров, Д.М. Петров, 2019