

М.С. Попов, Е.М. Попов**К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА
В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА**

Подземные хранилища газа играют все возрастающую роль в бесперебойных поставках природного газа отечественным и зарубежным потребителям. Они обеспечивают сглаживание пиковых нагрузок в потреблении газа, осуществляют надежное снабжение и хранение стратегически-важных резервов природного газа. Значение хранилищ возрастает благодаря развитию рынка природного газа, повышению цены на углеводородное топливо, расширению зарубежных контактов, повышению ответственности за перебои в поставках природного газа потребителям. Как правило, конечные получатели голубого топлива серьезно удалены от регионов газодобычи, а гибко реагировать на сезонные колебания спроса при транспортировке сырья на большие расстояния невозможно. В то же время организация создания определенных запасов газа в непосредственной близости от рынков сбыта дает возможность удовлетворять любые запросы потребителей в оперативном режиме. В этом отношении особое значение приобретает возможность создания подземных хранилищ газа в Ростовской области в выработанном пространстве угольных шахт. Такие подземные хранилища могут быть использованы в качестве действенных инструментов гибкого регулирования операций на рынке. Интерес к ним в последнее время очень велик. Прежде всего, потому, что пропускная способность строящихся газопроводов, по которым сырье поставляется в регионы потребления, рассчитывается исходя из среднегодового уровня планируемых продаж.

Ключевые слова: подземные хранилища газа, хранение газа в выработанном пространстве шахт, повышение гибкости учета колебаний рыночного спроса на газ.

Подземные хранилища газообразных и жидких углеводородов являются необходимым элементом для нормального функционирования всех трех составляющих топливно-энергетического комплекса страны: Единой системы газоснабжения (ЕСГ), системы снабжения нефтепродуктами и системы энерго- и теплоснабжения. Самым крупным и сложным из них является ЕСГ, которая имеет большой протяженности магистральные газопроводы и распределительные сети, большое количество компрессорных станций и подземных хранилищ различного объема и мощности.

Надежность функционирования ЕСГ в настоящее время обеспечивается подземными хранилищами газа (ПХГ),

созданными в истощенных газовых, газоконденсатных или нефтяных месторождениях, а также в водоносных коллекторах. Эти ПХГ, в основном, обеспечивают регулирование сезонной неравномерности газопотребления. Они имеют большой объем активного газа и относительно малую мощность.

Для организации нормальной работы ЕСГ требуется в ближайшие годы резко увеличить суточный отбор из ПХГ.

В перспективном плане развития энергетики страны предусматривается реконструкция действующих ТЭС, работающих на природном газе с максимальным использованием высокоэффективных парогазовых установок

(ПГУ). Наряду с ПГУ предусматривается широко использовать газотурбинные установки (ГТУ). Важнейшим условием эксплуатации ГТУ и ПГУ является круглосуточное снабжение их природным газом. Для этого, кроме развитой сети газопроводов, потребуется резервирование газа в газохранилищах.

Вторым направлением регулирования неравномерности электропотребления является создание воздушной аккумулирующей газотурбинной электростанции с подземным хранением воздуха и природного газа.

Третьим направлением регулирования электропотребления, где требуется использование подземных резервуаров, является накопление и хранение водорода, полученного в период излишка электроэнергии.

В стратегии развития электроэнергетики страны и в стратегии развития газовой промышленности России прогнозируется значительный рост потребления природного газа в теплоэлектростанциях (ТЭС) для производства электроэнергии и тепла.

Планируется осуществлять строительство новых, техническое перевооружение и реконструкцию действующих ТЭС, работающих на природном газе с максимальным использованием высокоэффективных парогазовых установок (ПГУ), осуществляющих преимущественно комбинированное производство электрической и тепловой энергии. Наряду с ПГУ предусматривается широко использовать газотурбинные установки (ГТУ) на природном газе для модернизации действующих ТЭЦ и котельных.

Нарастающее потребление природного газа на ТЭС во всем мире является сложившейся тенденцией, действие которой усиливается рядом энергетических, экологических и экономических факторов современности и предвидения будущего [1–3]. Производство

электроэнергии на ТЭС с ПГУ является наиболее динамичной ожидаемой областью использования природного газа в XXI-ом столетии. 50% ожидаемого мирового роста потребления природного газа будет использоваться в ПГУ.

Развитие электроэнергетики мира с использованием ПГУ, работающих на природном газе, обеспечивает наивысший КПД цикла, который уже сейчас на 10–15% выше по сравнению с КПД традиционных ТЭС с паротурбинным оборудованием. В настоящее время среднегодовой КПД на лучших электростанциях России с энергоблоками 300 МВт при работе на природном газе и на мазуте составляет 39%, а при работе на угле – 37%.

Важнейшим условием широкого применения ГТУ, как и ПГУ, является круглогодичное снабжение их природным газом. Для таких электростанций природный газ является основным и резервным топливом.

Для решения этой задачи, кроме развития сети газопроводов и совершенствования режимов транспортировки газа, потребуется резервирование газа в газохранилищах для поддержания номинально-требуемого давления в газопроводе.

Проектный срок службы ПГУ и ГТУ составляет не менее 40–50 лет. Следовательно, энергетики должны быть уверены в гарантированных поставках газа на этот период. Это означает, что надежное обеспечение газом должно рассматриваться не на уровне 2014 г., а на уровне 2040–2050 гг. В противном случае, эта передовая энергетическая технология окажется неконкурентоспособной еще до конца проектного срока службы, и тогда потребуются срочная ее замена. А это поставит под угрозу энергетическую безопасность России.

Устойчивая работа топливно-энергетического комплекса России, наряду с другими факторами, в значительной

мере зависит от надежности функционирования единой системы газоснабжения.

ЕСГ представляет собой совокупность взаимосвязанных технологических объектов: добычи газа, систем дальнего транспорта, подземных хранилищ и распределения газа. Основная задача ЕСГ – это непрерывный процесс подачи необходимого количества газа потребителям.

Отечественная газотранспортная сеть является крупнейшей в мире. Протяженность магистральных газопроводов составляет 150 тыс. км. Эксплуатируется 264 компрессорных станций. Надежность газоснабжения обеспечивают 25 подземных хранилища газа, из которых 8 сооружены в водоносных структурах и 17 в истощенных месторождениях, более 3,5 тыс. газораспределительных станций и свыше 380 тыс. км распределительных сетей.

Важнейшей составной частью ЕСГ являются подземные хранилища газа, которые позволяют оптимизировать эксплуатацию газотранспортной системы, снизить суточную и сезонную неравномерность ее загрузки и, в конечном счете, обеспечить бесперебойное снабжение газом потребителей [4].

Сезонная неравномерность внутреннего газопотребления в стране составляет более 15–17%, а суточное максимальное – зимнее потребление газа более чем в три раза превышает суточное минимальное летнее потребление газа.

Экспортные поставки газа характеризуются коэффициентом неравномерности порядка 5–7%, тем не менее, максимальные зимние суточные поставки газа на экспорт превышают минимальные летние в 1,5–2 раза. Поэтому, надежность поставок газа потребителям, в условиях резкой неравномерности газопотребления обеспечивается ОАО «Газпром» за счет использования широкой сети подземных хранилищ газа.

В период избрания во второй раз Президент РФ В.В. Путин в своем выступлении сказал примерно так: «Использование природного горючего газа только как энергетического топлива не отвечает условиям безопасности. Нужна альтернативная энергия». В связи с отсутствием резервного топлива, в данном случае прекращения подачи газа, так как он подается и используется «прямо с колес» может привести к тяжелым последствиям, особенно в длительные морозные периоды, что характерно для Юга России, прежде всего Ростовской области, не говоря уже об экономических потерях. Для этих целей в качестве резерва в составе систем газоснабжения с транспортировкой газа по трубам на большие расстояния от его месторождений до потребителей обязательным звеном являются газохранилища.

Подземные газохранилища, начиная с 1950 г. приобретают все большую популярность в северных странах таких как в Германии, Франции, США, Англии, Швеции, Норвегии, т.к. они приобрели важную роль в энергоснабжении и обеспечивают надежное и безопасное снабжение газом потребителей в периоды сезонных неравномерных потребления газа, вероятных аварий в газопроводных системах и других кризисных явлениях. Двадцать пять подземных хранилищ газа, расположенных на территории РФ составляют суммарную активную емкость 80 млрд м³. Среди промышленных объектов хранилища газа являются наиболее экологичными и безопасными, т.к. газ в них хранится на значительных глубинах от 500 до 1500 м в бескислородной среде [5]. В северных странах более 50% хранилищ нефти и газа – подземные. В подземных хранилищах кроме газа, в том числе и сжиженного, хранят сырую нефть, мазут, дизельное топливо, керосин, бензин. Есть такие хранилища

в США, Франции, Великобритании, Германии.

Хранилища шахтного типа сооружаются в практически непроницаемых для нефти породах, кроме того в процессе строительства предъявляются требования к их устойчивости, влажности и химическим характеристикам массива горных пород. Для строительства больших подземных емкостей углеводородов больше всего подходит строить их на базе Сулино-Садкинском и Кадамовском антрацитовых месторождениях, расположенных в средней части Ростовской области вблизи крупных промышленных и густонаселенных городов. Кроме того, через Ростовскую область вблизи этих месторождений проходит газопровод Южный поток, строительство которого уже ведется. Строительство подземных хранилищ углеводородов в Ростовской области жизненно важная необходимость, где можно будет построить каскад из блоков подземного хранения углеводородов в свите пластов.

Предлагаемая блочная система разработки для хранения углеводородов, имеющая сходство с камерной системой разработки, которая получила распространение в США, Канаде и Австралии [6] и Длиннокамерной системой разработки для хранения углеводородов (см. нашу заявку в Роспатент № 2013116168) отличается тем, что она состоит из двух и более камер большой протяженности (см. нашу заявку в Роспатент № 2013159211).

Целесообразность устройства и применения подземных хранилищ углеводородов по данным американских ученых для хранения газов свыше 19 тыс. м³ выгодным являются подземные сооружения. В скандинавских странах считается целесообразно создание подземных емкостей объемом 20–30 тыс. м³ [5].

Предлагается создать подземные емкости для хранения углеводородов

в Ростовской области суммарной емкостью до 100 млн м³, в перспективе до 1 млрд м³, состоящих из отдельных блоков с двумя или более камерами суммарной емкостью их 90–120 м³. Целесообразность предлагаемых подземных хранилищ углеводородов очевидна.

В декабре 2013 г. выступая по центральному телевидению, глава Газпрома РФ А.Б. Миллер рассказал, что на следующий 2014 г. запланирована большая сумма денег на развитие газопроводной системы для транспортировки природного горючего газа от его месторождений до потребителей, в том числе и строительство газохранилищ. Правда, где такие газохранилища будут строить и каком исполнении он не уточнил.

Промышленный и густонаселенный Юг России расходует большое количество природного газа, например, только в Ростовской области реализуется 7,5 млрд м³ газа в год. Одним из главных потребителей является Новочеркасская ГРЭС, сжигая 150 тыс. м³ газа в час. Кроме того, через Ростовскую область вблизи этих месторождений будет проходить газопровод Южный поток, строительство которого уже ведется. Строительство подземных хранилищ газа и других углеводородов в Ростовской области жизненно важная необходимость, которые необходимо построить в наиболее выгодных антрацитовых месторождениях области. Сулино-Садкинское антрацитовое месторождение состоит из 20-ти пластов полого залегания, где можно будет создать каскад из блоков подземного хранения углеводородов в свите пластов. На базе Сулино-Садкинского и Кадамовского месторождений предлагается построить максимальное количество устойчивых и долговечных емкостей для хранения углеводородных ресурсов.

В составе хранилищ угля в целях остается 30%. В будущем в пери-

од ликвидации длинных камер целики подлежат извлечению лавными высокопроизводительными механизированными комплексами с полным погашением выработанного пространства.

Проектирование и строительство углеводородных хранилищ на Сулино-Садкинском и Кадамовском угольных месторождениях должно учитывать выполнение Долгосрочной программы развития угольной промышленности России на период до 2030 г., разработанной в 2010 г. и утвержденной Правительством РФ от 24 января 2012 г. № 14-р [7] с обязательным выполнением добычи угля за этот период, возложенных на Восточный Донбасс, в том числе и при строительстве подземных хранилищ углеводородов.

Сжигание высокозольных и высокосернистых антрацитов при разработке Сулино-Садкинского и Кадамовского месторождений следует производить на Новочеркасской ГРЭС. Часто технология сжигания в кипящем слое является единственно приемлемой при сжигании низкосортных топлив, отходов угледобычи и углеобогащения. При этом температура слоя обычно находится в пределах 800–900 °С, что исключает образование термических окислов азота и благоприятна при связывании окислов серы, реализуемые за счет добавления сорбента (обычно известняка). Это делает технологию сжигания твердых топлив в кипящем

слое одной из наиболее экологически чистых [8].

Одной из необходимых мер для обеспечения расширения угольной генерации, в частности на Новочеркасской ГРЭС, является недопущения объема накопления золошлаковых отходов. В развитых странах, например, Германии и Дании в производстве стройматериалов используется до 100% годового выхода золошлака [8, 9]. Почему бы не наладить такое производство стройматериалов из золошлаков на базе Новочеркасской ГРЭС?

Строительство углеводородных подземных хранилищ в сочетании с угледобычей при их строительстве, генерацией низкосортных антрацитов с завершением организации выпуска стройматериалов на базе золошлаковых отходов, – комплекс вопросов в которые должен быть включен частногосударственный капитал: Газпром, Южная угольная компания, Донской уголь, Новочеркасская ГРЭС, все это должно быть объединено в крупное акционерное общество (управляющую компанию), владеющую объединенными акциями согласно долевого участия.

В связи с тем, что по месту расположения в РФ, предлагаемые объемные углеводородные подземные хранилища имеют стратегическое значение, они могут стать объектом пристального внимания государства и получить активную поддержку при их строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гридин В.Г., Исмаилов Т.Т., Калинин А.Р., Кобяков А.А., Корчак А.В., Мясков А.В., Петров И.В., Попов С.М., Стоянова И.А., Умнов В.А., Харченко В.А. Экология. Природа и общество вопросы регулирования. Учебник. – М.: Изд. ООО «ТИД «Студент», 2011. – 255 с.
2. Гридин В.Г., Исмаилов Т.Т., Калинин А.Р., Кобяков А.А., Корчак А.В., Мясков А.В., Петров И.В., Попов С.М., Стоянова И.А., Умнов В.А., Харченко В.А. Экология: природные и техногенные ресурсы.

Учебник. – М.: Изд. ООО «ТИД «Студент», 2011. – 343 с.

3. Болдырев А.А., Попов С.М. Методические основы решения эколого-экономических задач на примере предприятий центра России // Горный журнал. – 2007. – № 6. – С. 29.

4. Боднарук Н.М., Кобяков А.А., Рыбак Л.В., Попов С.М., Стоянова И.А. Экономика природопользования. Учебное пособие. – М., 2010. – 140 с.

5. Гридин В.Г., Калинин А.Р., Кобяков А.А., Корчак А.В., Мясков А.В., Пе-

тров И.В., Попов С.М., Протасов В.Ф., Стоянова И.А., Умнов В.А., Харченко В.А. Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами. – М.: «Горная книга», 2012. – 752 с.

6. Бурчаков А.С. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1983. – С. 314.

7. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России до 2030 г. Утверждено постановлением Правительства РФ от 24 января 2012 г. № 14-р. – М., 2010.

8. Бурдюков А.П., Мутузов С.В. Сжигание отходов углеродпереработки в котле кипящего слоя // Уголь. – 2012. – № 12.

9. Попов С.М. Эколого-экономическая эффективность освоения техногенных месторождений. – М., 2010. – 226 с.

10. Ефимов В.И., Мясков А.В., Петров И.В., Савон Д.Ю., Стоянова И.А., Умнов В.А. Производство и охрана окружающей среды: экологический, экономический и правовой аспект. Учебное пособие. – М., 2011.

11. Петров И.В., Савон Д.Ю., Стоянова И.А. Эколого-экономические последствия реструктуризации угольной промышленности Восточного Донбасса и пути их решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 5. – С. 276–283. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Попов Михаил Сергеевич – кандидат технических наук, ведущий специалист, e-mail: popovms87@yandex.ru, ОАО «МЕЧЕЛ»,
Попов Евгений Михайлович – аспирант, e-mail: 2086ramblerru1@rambler.ru, Донской государственный технический университет.

UDC 622.691.24:532.5

TO THE QUESTION ABOUT THE CREATION OF UNDERGROUND GAS STORAGE IN THE CONDITIONS OF EASTERN DONBASS

Popov M.S., Candidate of Technical Sciences, Leading Specialist, e-mail: popovms87@yandex.ru, JSC «MECHEL», 127083, Moscow, Russia,
Popov E.M., Graduate Student, e-mail: 2086ramblerru1@rambler.ru, Don State Technical University, 344000, Rostov-on-Don, Russia.

Underground gas storage facilities play an increasingly important role in uninterrupted supplies of natural gas to domestic and foreign consumers. They provide smoothing peak loads in gas consumption, provide a reliable supply and storage of strategic reserves of natural gas. The value of storage increases due to the development of the natural gas market, increasing prices of petroleum fuels, expansion of international contacts, increasing responsibility for interruptions in the supply of natural gas to consumers.

Typically, the end-users of natural gas are seriously removed from regions of the gas, and the flexibility to respond to seasonal demand fluctuations during transportation of raw materials long distances impossible. At the same time, the creation of specific reserves of gas in the immediate vicinity of the markets makes it possible to satisfy any demands of customers online. In this regard, of particular importance is the possibility of creating underground gas storage in the Rostov region in worked out areas of coal mines.

Such underground storage can be used as effective tools for flexible regulation of transactions in the market. Interest in them in recent time is very large. First of all, because the throughput of gas pipelines, in which the raw materials are delivered in the regions of consumption, is calculated based on the average level of planned sales.

Key words: underground gas storage, gas storage in depleted space mines, greater flexibility in accounting for fluctuations in the market demand for gas.

REFERENCES

1. Gridin V.G., Ismailov T.T., Kalinin A.R., Kobyakov A.A., Korchak A.V., Myaskov A.V., Petrov I.V., Popov S.M., Stoyanova I.A., Umnov V.A., Kharchenko V.A. *Ekologiya. Priroda i obshchestvo voprosy regulirovaniya*. Uchebnik (Ecology. Nature and society regulation. Textbook), Moscow, Izd. OOO «TID «Student», 2011, 255 p.

2. Gridin V.G., Ismailov T.T., Kalinin A.R., Kobyakov A.A., Korchak A.V., Myaskov A.V., Petrov I.V., Popov S.M., Stoyanova I.A., Umnov V.A., Kharchenko V.A. *Ekologiya: prirodnye i tekhnogennye resursy*. Uchebnik (Ecology: natural and man-made resources: Textbook), Moscow, Izd. OOO «TID «Student», 2011, 343 p.

3. Boldyrev A.A., Popov S.M. *Gornyy zhurnal*. 2007, no 6, pp. 29.
4. Bodnaruk N.M., Kobyakov A.A., Rybak L.V., Popov S.M., Stoyanova I.A. *Ekonomika prirodoopol'zovaniya*. Uchebnoe posobie (Environmental economics. Educational aid), Moscow, 2010, 140 p.
5. Gridin V.G., Kalinin A.R., Kobyakov A.A., Korchak A.V., Myaskov A.V., Petrov I.V., Popov S.M., Protasov V.F., Stoyanova I.A., Umnov V.A., Kharchenko V.A. *Ekonomika, organizatsiya, upravlenie prirodnymi i tekhnogennymi resursami* (Economics, organization, management of natural and man-made resources), Moscow, Gornaya kniga, 2012, 752 p.
6. Burchakov A.S. *Tekhnologiya podzemnoy razrabotki plastovykh mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* (Technology of underground mining of bedded deposits of minerals), Moscow, Nedra, 1983, pp. 314.
7. *Dolgosrochnaya programma razvitiya ugol'noy promyshlennosti Rossii do 2030 g.* Utverzhdeno postanovleniem Pravitel'stva RF ot 24 yanvarya 2012 g, no 14-r (Long-term program of development of the coal industry of Russia until 2030. Approved post. the Russian government dated 24 January 2012. No. 14-R), Moscow, 2010.
8. Burdyukov A.P., Mutuzov S.V. *Ugol'*. 2012, no 12.
9. Popov S.M. *Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' osvoeniya tekhnogennykh mestorozhdeniy* (Ecological and economic efficiency of development of technogenic deposits), Moscow, 2010, 226 p.
10. Efimov V.I., Myaskov A.V., Petrov I.V., Savon D.Yu., Stoyanova I.A., Umnov V.A. *Proizvodstvo i okhrana okruzhayushchey sredy: ekologicheskiy, ekonomicheskiy i pravovoy aspekt*. Uchebnoe posobie (Production and environmental protection: ecological, economic and legal aspect. Educational aid), Moscow, 2011.
11. Petrov I.V., Savon D.Yu., Stoyanova I.A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 5, pp. 276–283.



УМНАЯ КНИГА – ПРЕДМЕТ ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ _____

СЕГМЕНТИРОВАНИЕ ПОКУПАТЕЛЕЙ КНИГ ПО ОТЛИЧИТЕЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ (продолжение)

Наиболее крупные продажи осуществляются через библиотеки вузов и техникумов, библиотечные, оптовые книжные структуры. Здесь важнее полноценное информационное обеспечение, легкое и благожелательное оформление документов, удобные и недорогие средства доставки. Студенты привыкли покупать книги со значительными скидками, покупатели нашего интернет-магазина ожидают доставки на дом, пенсионеры требуют комфорта при многочасовом изучении приобретаемых книг. Всем категориям покупателей мы стараемся предоставить ожидаемые ими удобства и скидки.

Несмотря на то, что «Горная книга» практически является монополистом в распространении отраслевой литературы, корректность книгораспространения для нас приоритетна. Строгое соблюдение правил ценообразования, сегментирование клиентской базы, полноценное информационное обеспечение, тщательное изучение потребностей каждой группы покупателей – фирменный стиль торгового отдела.

Придавая серьезное значение лояльности читателей к «Горной книге», мы стараемся не упустить клиентов при переходе их из одной группы в другую. Многие студенты, оказываясь в категории инженеров или ученых, остаются в поле нашего наблюдения и сохраняют привязанность к «Горной книге». Если промежутки обращения к нам библиотек или оптовых книгораспространителей увеличиваются, это вызывает у специалистов книжной торговли тревогу и требует определения причин охлаждения интереса. Таким образом осуществляется анализ базы книгораспространения.

Сегментирование и анализ читательской аудитории – трудоемкие процессы, но они являются эффективным инструментом в работе с тысячами покупателей.

Продолжение на с. 403