

4. Bondarev V. P. *Geologiya* [Geology], Moscow, Forum – Information-M Publ., 2002. 224 p.
5. Voronin N. I. Perspektivy neftegazonosnosti regionalnykh zon vyklinivaniya i stratigraficheskogo nesoglasiya Kalmytsko-Astrakhanskogo Prikaspiya [Prospects of oil and gas bearing of the regional zones of a wedging out of and stratigraphic disagreement of the Kalmyk and Astrakhan Caspian Region]. *Neftegazovaya geologiya i geofizika* [Oil and Gas Geology and Geophysics], 1976, no. 2, pp. 4–6.
6. Gavrilov V. P. *Obshchaya i istoricheskaya geologiya* [General and historical geology], Moscow, Nedra Publ., 1989. 432 p.
7. *Geologicheskii slovar* [Geological dictionary], Moscow, Nedra Publ., 2004. 342 p.
8. Glumov I. F., Malovitskiy Ya. P., Novikov A. A., et al. *Regionalnaya geologiya i neftegazonosnost Kaspiyskogo moraya* [Regional geology and oil and gas bearing of the Caspian Sea], Moscow, Nedra Publ., 2004. 342 p.
9. Gogenkov G. N. *Izuchenie detalnogo stroeniya tolshch seysmorazvedkoy* [Studying of a detailed structure of thicknesses seismic exploration], Moscow, Nedra Publ., 1987. 120 p.
10. Gurvich I. I. *Seysmicheskaya razvedka* [Seismic investigation], Moscow, Nedra Publ., 1980. 150 p.
11. Guseynov A. A. *Litologicheskie, strattigraficheskie i kombinirovannye lovushki nefti i gaza* [The lithologic, stratigraphic and combined traps of oil and gas], Moscow, Nedra Publ., 1978. 135 p.
12. Dzhaifarov I. S., Kerimov V. Yu., Shilov G. Ya. *Shelf, ego izuchenie i znachenie dlya poiskov i razvedki skopleniy nefti i gaza* [Shelf, his studying and value for searches and investigation of congestions of oil and gas], Saint Petersburg, Nedra Publ., 2005. 384 p.
13. Kalamkarov L. V. *Neftegazonosnye provintsii i oblasti Rossii i sopredelnykh stran* [Oil and gas provinces and regions of Russia and adjacent countries], Moscow, Neft i gaz Publ., 2005. 570 p.
14. Karlovich I. A. *Osnovy geologii* [Fundamentals of geology], Moscow, JSC Geoinformmark Publ., 2002. 343 p.
15. Kerimov V. Yu. *Poiski i razvedka zalezhey nefti i gaza v stratigraficheskikh i litologicheskikh lovushkakh* [Searches and investigation of deposits of oil and gas stratigraphic and lithologic traps], Moscow, Nedra Publ., 1987. 2007 p.

## ГЕОТЕХНОЛОГИИ СЕРООЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МОРСКИХ ПЛАТФОРМАХ

*Андреев Сергей Михайлович*

главный специалист

Филиал ООО «ВолгоградНИПИморнефть» «ЛУКОЙЛ-ИНЖИНИРИНГ»  
400078, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 96

*Глебова Любовь Владимировна*

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Астраханский государственный технический университет  
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16  
E-mail: lvglebova@mail.ru

*Шумовский Дмитрий Юрьевич*

магистрант

Астраханский государственный технический университет  
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16  
E-mail: shumovskiyd@gmail.com

В данной работе рассматриваются варианты сероочистки природного газа на морской платформе, содержащего сероводород свыше 5 ppm. Этот вопрос актуален в связи с большим разнообразием технологий, которые предлагают различные лицензиаты. Перед выбором технологий необходимо определиться с допустимыми процессами, осуществляемыми на морской платформе. К основным процессам, используемым в морских условиях, относят хемосорбционные процессы, основанные на химическом взаимодействии; физическую абсорбцию, в которой извлечение кислых компонентов происходит за счет их растворимости в органических поглотителях; окислительные, основанные на необратимом превращении поглощенного сероводорода в серу; адсорбционные процессы, основанные на извлечении компонентов газа твердыми поглотителями, а также мембранные технологии. Процесс сероочистки на платформе позволяет предупредить коррозию на используемом оборудовании. Соответственно очистка природного газа от сероводорода позволяет сохранить трубопроводы и другие металлоконструкции, по которым происходит подготовка или транспорт газа. Очистка газа от сероводорода на морской платформе позволяет также снизить стоимость строительства газопровода. Кроме экономической целесообразности и выбора технологии для обеспечения полного извлечения сероводорода из природного газа необходимо также учитывать условия проведения процесса, его массогабаритные характеристики. Все эти факторы обусловлены ограниченностью площади платформы, условиями сдачи продукции в ОАО «Газпром», а также правилами промышленной безопасности. Учитывая данную специфику обустройства морских газоконденсатных месторождений, в данной работе проведен обзор по выбору технологий очистки природного газа от сероводорода.

*Ключевые слова:* сероочистка, морская платформа, сероводород, природный газ, технология

## **GEOTECHNOLOGIES SELECTION OF NATURAL GAS DESULPHURISATION TECHNOLOGY ON OFFSHORE PLATFORMS**

*Andreev Sergey M.*

Chief Specialist

Branch of "LUKOIL-INZhINIRING" "VolgogradNIPImorfeft"

96 Lenin ave., Volgograd, 400078, Russian Federation

*Glebova Lyubov V.*

C.Sc. in Geology and Mineralogy

Associate Professor

Astrakhan State Technical University

16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

E-mail: lvglebova@mail.ru

*Shumovskiy Dmitriy Yu.*

Post-graduate student

Astrakhan State Technical University

16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

E-mail: shumovskiyd@gmail.com

The article covers the options of natural gas desulphurisation on offshore platforms for gas containing more than 5 ppm of hydrogen sulphide. This topic of interest is crucial due to the variety of technologies offered by different licensees. Before the selection of the technology it is necessary to determine the processes allowed to be used offshore. The main

processes applied offshore are chemisorption process based on chemical interaction; physical absorption, when acid components are extracted due to their solubility in organic sorbents; oxidizing process based on irreversible inversion of absorbed hydrogen sulphide into sulphur; absorption processes based on absorption of gas components by solid sorbents, and membrane technologies. Desulphurisation technology on platform helps to prevent corrosion of the equipment, thus, natural gas desulphurization allows for preservation of pipelines and other metal structures participating in gas treatment and transportation. Besides, gas desulphurization on offshore platforms allows for reduction of gas pipeline construction cost. The factors to be taken into account are the economic feasibility and the ensuring of full natural gas desulphurisation as well as the conditions of the process, its mass-dimensional characteristics. These factors are conditioned by limited space on the platform, terms and conditions of the products delivery in OAO Gazprom and industrial safety rules. The paper provides a review of natural gas desulphurization technologies taking into account the specific character of facilities construction at offshore gas-condensate fields.

**Keywords:** desulphurisation, offshore platform, hydrogen sulphide, natural gas, technology

В настоящее время имеется достаточно большое количество публикаций, связанных с сероочисткой природного газа. Большая часть из этих публикаций посвящена месторождениям на суше. При выборе технологий по очистки природного газа от сероводорода в морских условиях появляется ряд ограничений. Они связаны с площадью размещения оборудования, осуществления ремонтных работ в морских условиях. Если технологический процесс основан на применении огня, то установка должна располагаться на максимально возможном удалении (не менее 15 м) от взрывоопасных объектов. При этом должна обеспечиваться полная очистка газа от сероводорода.

При разработке морских газоконденсатных месторождений возникает сложность в транспорте природного газа через трубопровод, из-за наличия в нем сероводорода и углекислого газа, которые способствуют коррозии, а также наводороживанию стали. При этом полное извлечение углекислого газа из природного газа приводит к снижению объемов газа при его сдаче, что можно отнести к упущенной выгоде.

Строительство трубопроводов с использованием специальных сероводородостойких сталей не является рациональным решением данной проблемы. Так как 'это сильно снижает рентабельность проекта и требует очистки от сероводорода на берегу, чтобы отправить на сдачу в систему трубопроводов. В связи с этим используют компактные установки по очистке газа на морской платформе. При выборе процесса очистки газа важно подобрать интегрированную технологию, позволяющую полностью удалить сероводород и снизить долю углекислого газа. Учитывая специфику разработки и обустройства морских газоконденсатных месторождений с последующей их эксплуатацией, используют следующие методы очистки природного газа от сероводорода и снижения количества углекислого газа на морских газоконденсатных месторождениях:

- аминовая очистка (технология, основана на физической и химической абсорбции);
- окислительно-восстановительная конверсия;
- адсорбционные процессы, основанные на селективном извлечении компонентов газа твердыми поглотителями;
- мембранные технологии, позволяющие снизить количество сероводорода и провести осушку.

Ниже приведены технологии, которые реализованы и используются в промышленности для очистки газа от сероводорода.

Одним из путей интенсификации процесса очистки газа является проведение селективной абсорбции  $H_2S$  с использованием третичных аминов. Из апробированных в промышленном масштабе третичных аминов наилучшие характеристики имеет метилдиэтаноламин (МДЭА). Аминовая очистка от  $H_2S$  основана на абсорбции этих компонентов растворами аминов с последующей регенерацией раствора и получением потока концентрированного сероводорода. Данный поток может быть переработан в элементарную серу по методу Клауса или методом жидкофазного окисления или закачен в пласт. Достоинство аминовой очистки перед другими технологиями является средний уровень капитальных затрат, массы, а также широко применение на морских платформах. К недостаткам можно отнести габаритность установки и с удалением  $H_2S$  из газа, происходит частичное извлечение  $CO_2$ .

Другим способом является прямая конверсия  $H_2S$  в серу непосредственно в процессе его удаления из газа за счет осуществления химических реакций прямого окисления. Такой процесс осуществляется в жидком растворе и требует постоянной подпитки этого раствора. Данная технология была внедрена только на суше. Подобных установок в море не строилось.

Адсорбционная очистка природного газа от сероводорода и меркаптанов является также эффективным способом. Высокая поглотительная способность адсорбентов (цеолитов) при низких концентрациях адсорбируемых веществ и избирательность к определенным компонентам дают возможность использовать его для очистки и осушки газа. К достоинствам данного процесса можно отнести простоту внедрения, отсутствие блока утилизации кислых газов и применение на морских месторождениях. К недостаткам относятся необходимость полной выгрузки адсорбента и завоз нового через определенное количество времени.

Мембранная технология очистки газа является более новой альтернативной технологией при малых содержаниях серосодержащих газов. Данная технология не требует больших капиталовложений и затрат на установку и монтаж, дешевле в использовании и обслуживании. Недостатком этой технологии является то, что она требует предварительная очистка газа от мех. примесей, а также потеря эффективности мембран с течением времени.

Таким образом, из применяемых технологий очистки природного газа можно выделить, что при невысоком содержании сероводорода в природном газе целесообразней использовать аминовую очистку (наилучшие характеристики имеет метилдиэтаноламин). Так как данная технология имеет наибольший опыт внедрения из всех выше представленных. Некоторые лицензиаты, такие как Prosernat, имеют также возможность поставлять данную установку совместно с установками осушки и получения элементарной серы. Это позволяет работать с одним поставщиком.

А при необходимости очистки высокосернистого газа целесообразно рассматривать как аминовую, так и адсорбционную очистку. Адсорбционная очистка позволяет исключить блок утилизации кислых компонентов. Это уменьшает площадь установки и вес платформы и очистить газ до товарного, но требует периодической выгрузки и загрузки свежего адсорбента.

Ключевым моментом при выборе между этими двумя технологиями, которые позволяют получать природный газ товарного качества, может оказаться экономическая целесообразность, которая окажет влияние на окончательный выбор технологии.

#### Список литературы

1. Гафаров Н. А. Определение характеристик надежности и технического состояния оборудования сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений / Н. А. Гафаров. – Москва, Недра, 2001. – 239 с.
2. Грайфер В. И. Методология и практика управления инновационной деятельностью / В. И. Грайфер, Галустянц В. А., М. М. Винидкий. – Москва : Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, 2002. – 350 с.
3. Дейк Л. П. Основы разработки нефтяных и газовых месторождений / Л. П. Дейк. – Москва : ООО «Премиум Инжиниринг», 2009. – 314 с.
4. Еремин Н. А. Современная разработка месторождений нефти и газа. Умная скважина. Интеллектуальный промысел : учебное пособие / Н. А. Еремин. – Москва : ООО «Недра бизнесцентр», 2008. – 244 с.
5. Ипатов А. И. Геофизический и гидродинамический контроль разработки месторождений углеводородов / А. И. Ипатов, М. И. Кременецкий. – Москва : НИЦ, Регулярная и хаотическая динамика. Институт компьютерных исследований, 2006. – 780 с.
6. Лутошкин Г. С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды / Г. С. Лутошкин. – Москва : Недра, 1979. – 319 с.
7. Мандрик И. Э. Совершенствование технологии освоения и разработки месторождения им. Ю. Корчагина с трудноизвлекаемыми запасами нефти / И. Э. Мандрик, В. З. Минликаев, В. Ф. Сомов, С. В. Делия, Н. Н. Перминова, Т. М. Крист // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 8. – С. 52–54.
8. Муляк В. В. Гидрохимические методы анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений / В. В. Муляк, В. Д. Порошин и другие. – Москва : ГЕОС, 2007. – 397 с.
9. Мурин В. И. Технология переработки природного газа и конденсата : в 2 ч. / В. И. Мурин, Н. Н. Кисленко и другие. – Москва : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – Ч. 1. – 517 с.
10. Об утверждении правил безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе : постановление Госгортехнадзора РФ № 58 от 05 июня 2003 г. // КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43269/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43269/), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Правила безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе. – Утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 5 июня 2003 г. № 58. – Режим доступа: <http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow.asp?DocumID=748>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Решетняк Е. Ж. Природоохранная концепция компании «ЛУКОЙЛ» при освоении месторождений нефти и газа на Каспийском шельфе / Е. Ж. Решетняк, Н. В. Григорьева // Забота окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2001. – № 3–4. – С. 14–23.
13. Сахаров В. А. Эксплуатация нефтяных скважин : учебное пособие / В. А. Сахаров. – Москва : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008.
14. Селянина Е. Н., Голутвина Т. В. Инновационный менеджмент : учебное пособие / Е. Н. Селянина, Т. В. Голутвина. – Москва, 1999.
15. СТО ГАЗПРОМ 089-2010. Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам технические условия. – Москва, 2010. – 19 с.
16. Фонштейн Н. И. Управление инновациями. Становление и развитие малой технологической фирмы : сборник статей / Н. И. Фонштейн. – Москва : Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации, Центр коммерциализации технологий, 1999. – 248 с.
17. Чеботарев В. В. Расчеты основных технологических процессов при сборе и подготовке скважинной продукции / В. В. Чеботарев. – Уфа : Нефтегазовое дело, 2007. – 408 с.

#### Reference

1. Gafarov N. A. *Opredelenie kharakteristik nadezhnosti i tekhnicheskogo sostoyaniya oborudovaniya serovodorodsoderzhashchikh neftegazovykh mestorozhdeniy* [Determination of

- reliability characteristics and technical state of equipment at oil fields containing hydrogen sulphide], Moscow, Nedra Publ., 2001.
2. Grayfer V. I., Galust'yants V. A., Vinidkiy M. M. *Metodologiya i praktika upravleniya innovatsionnoy deyatel'nost'yu* [Methods and practice of innovation management], Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas Publ. House, 2002. 350 p.
  3. Deyk L. P. *Osnovy razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Fundamentals of reservoir engineering], Moscow, OOO «Premium Inzhiniring» Publ., 2009. 314 p.
  4. Yere'min N. A. *Sovremennaya razrabotka mestorozhdeniy nef'ti i gaza. Ummaya skvazhina. Intellektualnyy promysel* [Contemporary development of oil and gas fields. Smart well. Smart field], Moscow, OOO «Nedra biznestsentr» Publ., 2008. 244 p.
  5. Ipatov N. A., Kremnitskiy M. I. *Geofizicheskiy i gidrodinamicheskiy kontrol razrabotki mestorozhdeniy uglevodorodov* [Geophysical and flow control of the development of hydrocarbons fields], Moscow, SIC, Regular and Chaotic Dynamics. Institute of Computer Science Research centre, Regular and chaotic dynamics. Institute of Computer Science Publ. House, 2006. 780 p.
  6. Lutoshkin G. S. *Sbor i podgotovka nef'ti, gaza i vody* [Oil, gas and water gathering and treatment], Moscow, Nedra Publ., 1979. 319 p.
  7. Mandrik I. E., Minlikaev V. Z., Somov V. F., Deliya S. V., Perminova N. N., Krist T. M. *Sovershenstvovanie tekhnologii osvoeniya i razrabotki mestorozhdeniya im. Yu. Korchagina s trudnoizvlekaemymi zapasami nef'ti* [Improving technology used for exploration and development of hard to recover Yu. Korchagina oilfield]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 2008, no. 8, pp. 52–54.
  8. Mulyak V. V., Poroshin V. D., et al. *Gidrokhimicheskie metody analiza i kontrolya razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Hydrochemical methods for analysis and control of oil and gas fields development], Moscow, GEOS PUBL., 2007. 397 p.
  9. Murin V. I., Kislenko N. N., et al. *Tekhnologiya pererabotki prirodnoy gaza i kondensata* [Technology for processing of natural gas and condensate], Moscow, OOO «Nedra biznestsentr» Publ., 2002, part 1. 517 p.
  10. Approval of safety rules in the exploration and development of oil and gas fields on the continental shelf: RF GosGorTechNadzor Resolution no. 58 on June 5, 2003. *KonsultantPlyus* [Consultant]. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43269/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43269/).
  11. Safety rules for the exploration and development of oil and gas fields on the continental shelf. Approved by Decree of the RF Gosgortekhnadzor from June 5, 2003 no. 58. Available at: <http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow.asp?DocumID=748>.
  12. Reshetnyak Ye. Zh., Grigoreva N. V. *Prirodookhrannaya kontseptsiya kompanii «LUKOYL» pri osvoenii mestorozhdeniy nef'ti i gaza na Kaspiyskom shelfe* [Protection of nature conception of “LUKOIL” company under the development of Caspian shelf oil and gas fields]. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environment protection in oil and gas complex], 2001, no. 3–4, pp. 14–23.
  13. Sakharov V. A. *Ekspluatatsiya neftyanykh skvazhin* [Operation of oil wells], Moscow, OOO «Nedra biznestsentr» Publ., 2008.
  14. Selyanina Ye. N., Golutvina T. V. *Innovatsionnyy menedzhment* [Innovation management], Moscow, 1999.
  15. STO Gazprom 089-2010. Flammable natural gas supplied and transported via main gas pipelines specifications, Moscow, 2010. 19 p.
  16. Fonshteyn N. I. *Upravlenie innovatsiyami. Stanovlenie i razvitie maloy tekhnologicheskoy firmy* [Innovation management. Establishment and development of a small technology-based firm], Moscow, Academy of National Economy under the Government of the Federation Rossikyskoy, Technology Commercialization Center, 1999. 248 p.
  17. Chebotarev V. V. *Raschety osnovnykh tekhnologicheskikh protsessov pri sbore i podgotovke skvazhinnoy produktsii* [Calculation of main processes for gathering and treatment of well products], Ufa, Neftegazovoe delo Publ., 2007. 408 p.