



УДК 622.276.8

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ САМОВОЗГОРАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ, А ТАК ЖЕ ХРАНЕНИЕ СЕРНИСТЫХ НЕФТЕЙ И ГАЗОВ

### PREVENTION OF THE FIRE-FIGHTING OF PYROPHORIC DEPOSITS AT THE PRODUCTION AND TRANSPORTATION, AND THE STORAGE OF SULFUR OIL AND GAS

**Отдушкин Иван Сергеевич**мастер,  
АО «Самаранефтегаз»  
ivano90@mail.ru

**Аннотация.** Пирофорными называются вещества, способные самовозгораться в присутствии воздуха при любой температуре атмосферного воздуха.

Причиной образования пирофорных отложений на поверхности оборудования при добыче, сборе, подготовке и транспортировке сернистой нефти является воздействие на железо и его окислы сернистого водорода, содержащегося в попутном нефтяном газе и парах нефти, а также элементарной серы и сернистого водорода, растворенного в нефти.

Пирофорные отложения на поверхности оборудования представляют собой черный осадок в виде сажи и состоят из смеси продуктов сернистого водородной коррозии – сернистых соединений железа, органических смолистых веществ и механических примесей.

В присутствии кислорода воздуха сульфиды железа окисляются с выделением большого количества тепла, что приводит к нагреванию их до высоких температур.

Одним из условий самовозгорания пирофорных отложений является накопление их на поверхности оборудования до определенной толщины (более 1,0мм).

Для образования активных пирофорных отложений достаточно кратковременного воздействия сернистого водорода на железо или его окислы.

Самовозгорание пирофорных отложений является одной из причин взрывов и пожаров на объектах нефтяной промышленности.

**Ключевые слова:** пирофорные отложения, воспламенение, сернистый водород, повышение температуры пирофорных отложений.

**Otdushkin Ivan Sergeevich**Master,  
АО «Samaraneftegaz»  
ivano90@mail.ru

**Annotation.** Performi are substances that can ignite spontaneously in the presence of air at any temperature of the ambient air.

The reason for the formation of pyrophoric deposits on the surface of equipment at production, gathering, preparation and transportation of sour crude oil is the effect on iron and its oxides hydrogen sulfide contained in associated petroleum gas and vapor oil, as well as elemental sulfur and hydrogen sulfide dissolved in the oil.

Pyrophoric deposits on the equipment surface represent a black precipitate in the form of carbon and consist of a mixture of products of hydrogen sulfide corrosion of sulfur and iron compounds, organic resinous substances and impurities.

In the presence of oxygen the iron sulfides are oxidized with a large amount of heat which leads to heating them to high temperatures.

One of the conditions of spontaneous combustion of pyrophoric deposits is the accumulation of them on the equipment surface to a certain thickness (more than 1.0 mm).

To form the active pyrophoric deposits enough short-term exposure of hydrogen sulfide on iron or its oxides.

Spontaneous combustion of pyrophoric deposits is one of the causes of explosions and fires at oil industry facilities.

**Keywords:** pyrophoric sediments, ignition, hydrogen sulfide, temperature rise of pyrophoric deposits.

**Н**а нефтегазодобывающих предприятиях практически невозможно полностью предотвратить контакт металлических поверхностей оборудования, а также арматуры и трубопроводов с сернистым водородом и элементарной серой.

Очистка оборудования от накопившихся на его поверхности коррозионных отложений не может полностью предохранить его от образования и самовозгорания пирофорных отложений.

При эксплуатации и ремонте указанного оборудования невозможно также избежать попадания в него воздуха.

Поэтому для предотвращения взрывов и пожаров от самовозгорания пирофорных отложений требуется осуществить комплекс мероприятий против их образования, скопления и самовозгорания.

При добыче, сборе, подготовке и транспортировке сернистой нефти, природного и попутного газов, содержащих сернистый водород, пирофорные отложения образуются:

– на внутренней поверхности устьевого арматуры скважин, нефтепроводов, установок замера дебита скважин, в резервуарах, трапах, сепараторах;



– на стенках газопроводов, сепараторов и теплообменников системы сбора и транспортировки природного и попутного нефтяного газов.

Активность пирофорных отложений определяется температурой их самовозгорания. Наиболее активные пирофорные отложения способны самовозгораться при наружной температуре атмосферного воздуха, другие же при условии некоторого начального повышения температуры.

В увлажненном состоянии (водой или нефтью) пирофорные отложения безопасны.

В зависимости от состава, структуры и места образования активность пирофорных отложений (способность к самовозгоранию) бывает различной. Пористая структура пирофорных отложений и примесей органических веществ способствует их интенсивному окислению. Более высокую опасность представляют пирофорные отложения, насыщенные тяжелыми осадками нефти и смазочными маслами, так как последние сами при контакте с воздухом, окисляясь, могут разогреваться, способствуя самовозгоранию пирофорных отложений.

Особенно свежие не окислившиеся отложения сульфида железа способны к сильному разогреванию при взаимодействии с кислородом воздуха и при наличии вокруг них нефти, паров нефти и нефтяного газа могут явиться источником взрыва и пожара.

В сухом состоянии пирофорные отложения быстро окисляются кислородом воздуха с выделением тепла, что приводит к их самовозгоранию. Наличие трудно испаряющегося слоя нефтяного осадка на поверхности пирофорных отложений изолирует их от контакта с атмосферным воздухом, и самовозгорание происходит после удаления или испарения покрывающего пирофорные отложения нефтяного осадка.

Пирофорные отложения плохо проводят тепло, и теплота, выделяющаяся при первоначальном окислении, накапливается в массе отложений, что, в свою очередь, приводит к их разогреву до температуры самовозгорания. Поэтому самовозгорание пирофорных отложений возможно при любой наружной температуре атмосферного воздуха, даже при минусовой.

В резервуарах взрывы и пожары происходят при опорожнении и чистке их.

В скважине на активность самовозгорания пирофорных отложений влияют гидродинамические условия (давление, скорость истечения газозвоздушной смеси).

С увеличением давления активность пирофорных отложений и скорость реакции их возрастают.

Повышение температуры пирофорных отложений при их окислении в динамических условиях (в условиях движения) в среднем на 20 °С выше, чем в статических.

Наибольшее повышение температуры пирофорных отложений в результате их окисления происходит при скорости истечения потока воздуха (кислорода) до 10–15 см<sup>3</sup>/с.

При дальнейшем увеличении скорости истечения потока воздуха (кислорода) подъем температуры пирофорных отложений почти не происходит, так как при этом отвод тепла потоком воздуха (кислорода) превышает приток тепла от реакции окисления.

В резервуарах пирофорные отложения могут накапливаться как путем оседания пирофорного сульфида железа, занесенного во взвешенном состоянии с нефтью, так и путем непосредственного воздействия на коррозированную поверхность резервуара сернистого водорода, содержащегося в нефти.

Пирофорные отложения, накопленные на днищах резервуаров, при эксплуатации не представляют опасности, так как находятся под толщей жидкости и закрыты слоем грязи. Самовозгорание этих отложений может произойти во время очистки от нефтяного шлама, когда имеется доступ воздуха.

Взрывы и пожары в резервуарах, вызванные самовозгоранием пирофорных отложений, происходят чаще всего весной и осенью в вечерние часы во время или вскоре после откачки жидкости. Это объясняется тем, что зимой на холодной поверхности резервуаров постоянно конденсируются пары воды и нефти, защищающие продукты сернистого водородной коррозии от быстрого разогрева. Летом, наоборот, стенки резервуаров имеют повышенную температуру, и окисление пирофорных отложений происходит быстрее. При средних температурных условиях (весной, осенью) пирофорные отложения могут накапливаться на стенках резервуаров и при высыхании жидкой пленки после опорожнения резервуара и соприкосновении стенки с воздухом подвергаться быстрому окислению. В вечернее время охлаждение резервуара вызывает приток воздуха вовнутрь, что может привести к образованию взрывоопасной смеси.

Воспламенение нефти и газа в резервуарах, сепараторах и трубопроводах возможно не сразу после их вскрытия, а спустя некоторое время, необходимое для высыхания пирофорных отложений, окисления и самовозгорания их.

В резервуарах, сепараторах и трубопроводах взрывы и пожары возможны в том случае, если имеются в них пирофорные отложения, а дренаж, пропарка, промывка и продувка не обеспечили полного удаления нефти или ее паров до поступления атмосферного воздуха.

Выбор оборудования, аппаратуры и их эксплуатация при наличии сернистого водорода должны осуществляться в соответствии с действующими инструкциями по безопасности работ при разведке и разработке месторождений, содержащих сернистый водород.



Для подавления активности пирофорного сульфида железа необходимо воздействие на него воздушной пены в течение не менее 15 мин. при атмосферном давлении и не менее 30 мин. при давлении 10 МПа ( $100 \text{ кгс/см}^2$ ), в обоих случаях при скорости движения пены  $10 \text{ см}^3/\text{с}$ .

При увеличении скорости движения пены время, достаточное для потери активности пирофорных отложений, уменьшается.

Для снижения сернистого водородной коррозии труб необходимо применять ингибиторы.

При добыче сернистых нефтей для предотвращения образования пирофорных отложений рекомендуется применение насосно-компрессорных труб, изготовленных из стойких к сернистому водороду материалов.

Для предотвращения самовозгорания пирофорных отложений необходимо:

Внутренние поверхности резервуаров, предназначенных для хранения сернистых нефтей, должна окрашиваться антикоррозионными покрытиями.

Резервуары, в которых хранится сернистая нефть, должны находиться под контролем в части образования на их внутренней поверхности коррозионных отложений. Контроль осуществляется путем отбора пробы коррозионных отложений и их лабораторного исследования на пирофорную активность.

Очистка резервуаров, сепараторов и трубопроводов от остатков нефти, грязи и пирофорных отложений должна быть механизирована (применение гидромониторов, различных размывающих устройств и машин).

#### Литература:

1. Каштанов А.А., Жуков С.С. Оператор обезвоживающей и обессоливающей установки : учебн. пособие. – М. : Недра, 1985. – 292 с.
2. Серeda Н.Г., Муравьев В.И. Основы нефтяного и газового дела : учебн. пособие. – Недра, 1967. – 280 с.
3. Элияшевский И.В. Технология добычи нефти и газа. – М. : Недра, 1976. – 256 с.
4. Ионин А.А. Газоснабжение : учебник / под ред. А.А. Широковой. – М. : Транспортная компания, 2016. – Репринтное воспроизведение издания 1989 г. – 4-е изд., перераб и доп. – 440 с.

#### References:

1. Kashtanov A.A., Zhukov S.S. Operator of the dehydrating and desalinating installation: manual. – M. : Nedra, 1985. – 292 p.
2. Sereda N.G., Murav'ev V.I. Bases of oil and gas business : manual. – Nedra, 1967. – 280 p.
3. Eliyashevsky I.V. Technology of oil and gas production. – M. : Nedra, 1976. – 256 p.
4. Ionin A.A. Gas supply : the textbook / under the editorship of A.A. Shirokova. – M. : Transport company, 2016. – Reprint reproduction of the edition of 1989 of prod., the reslave and additional – 440 p.