Т Е Х Н О С Ф Е Р Н А Я   Б Е З О П А С Н О С Т Ь

EDN NZGEIH DOI 10.5281/zenodo.17395100
УДК 628.365:628.385:614.84

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРЯЧЕСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТОКОВ НА ПОЛЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

© 2025 ***Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш., Джураева Н.Б.***

В статье представлены результаты исследования горючих свойств отложений, образующихся при очистке экологически вредных производственных технологических стоков газоперерабатывающих предприятий на полях естественной фильтрации, расположенных вблизи населенных пунктов. В результате процессов удушения и выщелачивания в периодической эксплуатации в толще 60-80 см отлагаются органические вещества различного строения, предельные углеводороды (C_{13}-C_{30}), ароматические и токсичные полициклические соединения. Осадки начинают выделять искрящие пары при температуре 65°C, а сгорают при температуре 300°C. Количество горючих соединений 150-170 мг/кг. Индикаторы отложений на дне фильтровальных площадок помогают предотвратить опасные техногенные пожары.

Ключевые слова: поля естественной фильтрации, осадки технологический стока, показатели горючих свойств, техногенные пожары.

Введение. В настоящее время в производственных процессах газоперерабатывающих предприятий используется большое количество воды. В результате состав технологических стоков такого предприятия резко отличается тем, что состоит из соединений, обладающих специфическими реакционно-способными свойствами под воздействием физико-химических и биологических процессов, опасных с точки зрения горения, также опасные экологические проблемы. На объектах газовой промышленности самым распространенным методом очистки вод является сброс производственных стоков в пруды-испарители и на поля фильтрации без предварительной очистки.

Количество образующихся осадков составляет 0,5-1% по сравнению со стоками, отбрасываемыми на поля фильтрации. В составе осадка могут присутствовать органические и неорганические вещества. Из состава 40% органические вещества оседают на дно на поля фильтрации, 40% находятся в состоянии эмульсии, а 20 % образуют на поверхности воды пленку толщиной 0,5 мм и затрудняет важные природные процессы. Процессы естественного окисления органических веществ, опустившихся на дно поля фильтрации протекают в 10 раз сложнее, чем на поверхности воды [1-9].

Постановка задачи. Целью данной работы является исследование показателей горячести отложений технологических стоков на полях естественной фильтрации газоперерабатывающих предприятий.

Экспериментальные методы. В работе использовались стандартные методы физико-химического анализа проб сточных вод, отобранных в полевых условиях. Измерения проводились в соответствии с нормативно-технической документацией.

Результаты и их обсуждение. Объектом исследования послужили осадки технологических стоков «Муберек ГПЗ» в полях естественной фильтрации на расстоянии 3,0 км, расположенных вблизи населенных пунктов. Объем сброса стоков, согласно графика выпуска составляет 3500 $м^3$/сутки. Категория: исходные производственные сточные воды, обладающие специфическими реакционно-способными свойствами и резких запахом серы. Все сточные воды, образующиеся на территории предприятия транспортируются по закрытому трубопроводу к месту спуска (рис. 1).

а)

б)

Рис. 1. Естественные поля фильтрации Муберек ГПЗ:
а) вид спуска производственных стоков на естественные поля фильтрации;
б) общий вид естественного поля фильтрации

Естественные фильтрующие поля завода представляют собой искусственные объекты, специально построенные рядом и периодически используемые. При подготовке фильтрационных площадок используют частицы песка с хорошей водопроницаемостью и капиллярностью размером > 0,2 мм и черноземы толщиной 100 мм. Коэффициент водоотдачи песка = 10^{-15}–10^{-12} $м^2$; грунта =10^{-13}–10^{-11} $м^2$ и коэффициент фильтрации песка =10^{-5} –10^{-2} м/с; грунта =10^{-6} – 10^{-4} м/с; глины =10^{-7}–10^{-6} м/с. Нагрузка на очистку сточных вод на полях составляет 50-200 $м^3$/(га.сут) в зависимости от климатических условий, грунтовых вод и гранулометрического состава почвы. Глубина фильтрационных поля составляет 2,5-3 метра.

В природных полевых условиях процесс очистки сточных вод протекает медленно, под влиянием запасов кислорода в почве и микрофлоры, солнечной радиации, атмосферного воздуха, жизнедеятельности адаптированных к участку высоких водорослей, так как кислороду трудно поступать в глубокие слои почвы, трудно контролировать процессы обработки в них. Микрофлора активного ила на дне фильтрационных площадок включает бактерии, актиномицеты, дрожжи, грибы, одноклеточные водоросли, простых и беспозвоночных животных, их количество составляет 1-115 млн на 1г поверхностного слоя. В кислорододефицитных слоях почвы поглощение сточных вод осуществляет процесс анаэробного разложения, в результате которого образуются метановые газы CH_4, и CO_2. Объем выделяемого метана в первую очередь зависит от количества разлагаемых органических материалов в стоках, температуры и процессов естественного окисления органических веществ.

При повышении температуры выше +15°C увеличивается количество выделяемого CH_4, что имеет большое значение, неуправляемо и неконтролируемо в полях фильтрации теплом климатах. Естественные поля фильтрации с незначительным проникновением воздуха воздействием естественной аэрацией, их глубина является решающим фактором выделения CH_4. Неглубокие поля фильтрации, менее одного метра в глубину, как правило, обеспечивают аэробные условия и вероятность выделения CH_4 очень мала или равна нулю в осадке. Поля фильтрации, чья глубина превышает 2-3 метра, обеспечивают развитие анаэробной среды и можно ожидать образование значительного количества CH_4 в осадке [10-13].

Результаты наблюдения показали, что в природно-климатических, гидрологических и грунтовых условиях Каршинской степи, где завод находится, испарение стоков фильтрационных полях составляет 21-23%. В летний период на территории в степной зоне воздух особенно сильно прогревается.

В таблице 1 представлены результаты анализа химического состава производственных стоков при сбросе на естественные поля фильтрации.

Таблица 1. Показатели химического состава производственных стоков при сбросе

Определяемые показатели	Результаты исследований	Превышение нормативных значений ПДК, (+)
Температура	24-26^{0}C	2
Запах (при 20^{0}C)	4±1 балл	2
Водородный показатель	4,5-5,5 ед. pH	2,5
Взвешенные вещества	840,0 мг/дм^3	824,0
ХПК	495,0 мг O_2 /дм^3	305,0
БПК$_{полн.}$	103,0 мг O_2 /дм^3	99,0
Сульфаты	71,0 мг/дм^3	21,0
Хлориды	261,0 мг/дм^3	161,0
Азот аммонийной	8,5 мг/дм^3	8,0
Нитриты	0,6 мг/дм^3	0,6
Нитраты	4,1 мг/дм^3	4,1
СПАВ	0,3 мг/дм^3	0,3
Нефтепродукты	18,3 мг/дм^3	18,0
Фенолы	0,06 мг/дм^3	0,05
Минералный состав	650,0 мг/дм^3	605,0
Сухой остаток	1920,0 мг/дм^3	920,0

Результаты проведённого исследования (табл. 1) свидетельствуют о том, что основные показатели качества воды не соответствуют нормативным значениям ПДК. По показателям ХПК и БПК$_{полн.}$ химического загрязнения находится в пределах критических значений.

На рисунке 2 показаны пробы для анализов естественных полей фильтрации. По данным рис. 2а отмечено, что осадки поля фильтрации черного цвета, по структуре и консистенции осадок образующийся производственных стоками, бывает разной крупности и твердости, запах по органолептической шкале 5 баллов, водородные показатели pH= 4,5-5,0. Кинематическая вязкость осадки выше 110 мм^2/с, они обладают свойством устойчивости и удержания на дне месторождения. Частицы осадки обладают ровным поверхностной оболочкой это свидетельствуют о том, что осаждаются на дно с постоянной скоростью и хлопьевидным, то есть частицы имеют липкую поверхность, которые в процессе осаждения коагулируют.

а)

б)

Рис. 2. Пробы для анализов естественный поля фильтрации:
а) пробы из осадка дна поля фильтрации; б) пробы производственных стоков

Нами были проведены исследования путем отбора обезвоженных проб донных отложений для определения показателей горючих свойств. Результаты показали, что в открытом тигле осадки начинают выделять искрящие пары при температуре 65°С. При достижении температуры 300°С образец начинал воспламеняться. В опыте количество горючих смесей составляло 150-170 мг/кг. Зольность составила 5-6%, которые относятся к приоритетным загрязняющим веществам. Теплота сгорания сухих проб донных отложений составляет 17,5-18,0 МДж/кг.

Анализ состояния осадочных слоев показывает, что практически во всех полях фильтрации постоянно протекают процессы разложения органики (C_{13}-C_{30}), газовыделения, химического взаимодействия. Работа техники усиливает процессы порообразования в толще на картах полей фильтрации. Под воздействием бактерий осадочные слои перегнивают вместе со всеми живыми организмами, земля приходит в негодность.

Смесь реакционных веществ SN_4, SO_2, N_2, H_2S в парах, выходящих из-под почвы, считается опасной по свойствам горения. Эти компоненты осадка при анаэробном распаде могут выделять CH_4 [2, 3, 10, 14-17].

Для определения количества объемов образования донных отложений в полей фильтрации использовали формулу:

$$Q_{осадки} = q_w\left(C_{нач.вв} - C_{осед.вв}\right)/\left(100 - P_{об.осад.}\right)\cdot 10^{-4},$$

где $Q_{осадки}$ - количество осевшего осадка, *м³/год;* q_w - расход сточной воды, *м³/год;* $C_{нач.вв}$ - содержание взвешенных веществ в поступающей стоке воде, *мг/дм³;* $C_{осед.вв}$ - содержание взвешенных веществ в осветленной воде, *мг/дм³;* $P_{об.осад.}$ - процент обводненности осадка, *%*.

Общее количество разлагаемых органически материалов в стоках рассчитывается по формуле:

$$M_{об.мат.} = P\cdot W\cdot ХПК,$$

где $M_{об.мат}$ – общая количество, разлагаемый органически материалов в стоках завода, *кг ХПК/год*, *P* – общий объем производства, *т/год*, *W* – общая количество стоков в поля фильтрации, *м³/т*, *ХПК* – химическая потребность в кислороде, *кгO_2/м³*,

Нижний концентрационный предел воспламенения органических веществ в воздухе на картах полей фильтрации рассчитывается по формуле:

$$C_{н.п} = 400/4,32\cdot\eta + 4,68\%,$$

где η – число атомов кислорода, необходимое для сгорания одной молекулы вещества.

Число атомов кислорода, необходимое для сгорания одной молекулы вещества, определяется из уравнения реакции горения вещества или по эмпирическому равенству:

$$\eta = (C - S) - H - X / 2 \cdot O\,\%,$$

где *C, S, H, X, O* – число атомов соответственно углерода, серы, водорода, галоидов и кислорода в молекуле вещества.

Уровень экологической опасности отложений находится по следующей формуле:

$$K_i = C_i / W_i,$$

где K_i – степень экологической опасности компонентов отложений; C_i – количество компонента в осадке, *мг/кг*; W_i – коэффициент экологической опасности компонентов отложений;

Расчеты показали, что отложения на дне площадки относятся к III группе уровня санитарно-гигиенической опасности [3, 6, 11-13].

Выводы. Таким образом, проведенные исследования донных отложений естественных полей фильтрации показывают, что осадки содержат вредные вещества, в том числе взрывоопасные и пожароопасные, с высокой реакционной способностью. В периодически используемых фильтрационных полях соединения, отложившиеся в результате процессов удушья и отстаивания, представляют собой трудноокисляемые органические вещества толщиной 60-80 см, а в процессах разложения образуют реактивные вещества, опасные для горения. С годами при использовании фильтровальных площадей увеличивается и их концентрация, при накоплении кислорода в процессе длительной эксплуатации выше допустимых значений, возрастает риск техногенного возгорания. По результатам проведенного эксперимента можно констатировать, что попадание неочищенных технологических стоков для очистки естественной фильтрации, со временем вызовет опасные экологические проблемы. В климатических условиях республики запах с полей очень сильный, особенно в летнее время. Исследованный участок естественных полей фильтрации являются дополнительным источником загрязнения подземных водных ресурсов. Полученная информация о количестве и свойствах горючих отложений, хранящихся на дне естественных полей помогает защитить от опасных техногенных пожаров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Классификация и система обращенияс отходами первичной переработки нефти / Т. Н. Боковикова, Е. Р. Шпербер, Д. А. Трухан [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2013. – № 11. – С. 36-40. – EDN RTEZYP.
2. Исследования физико-химических свойств и термической деструкции отходов нефтеперерабатывающих предприятий / Я. И. Вайсман, И. С. Глушанкова, Л. В. Рудакова, М. С. Дьяков // Научные исследования и инновации. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 21-27. – EDN LGUOWO.
3. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений / И. С. Гуляева, М. С. Дьяков, Я. Н. Савинова [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 2. – С. 18-32. – EDN OXHQUJ.
4. ГОСТ Р 54205-2010. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности при сжигании: национальный стандарт Российской Федерации: введен 2012-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 36 с.
5. Определение класса опасности нефтешламов / В. В. Ермаков, А. Н. Сухоносова, Д. Е. Быков, Д. А. Пирожков // Экология и промышленность России. – 2008. – № 7. – С. 14-16. – EDN JVRWYV.
6. Евилович, А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилович. – М.: Стройиздат, 2009. – 310 с.

7. Иванов, Д. В. Биогеохимическое образование и окисление биогаза в техногенных грунтах по данным изотопно-химических исследований: автореф. дис. … геол.-минерал. наук: 04.00.13 / Иванов Дмитрий Владимирович ; НПГП «ВНИИЯГГ». – Москва, 1998. – 25 с.
8. Мазлова, Е. А. Шламовые отходы нефтегазовых компаний / Е. А. Мазлова, И. А. Меньшикова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 20-23. – EDN LABYZX.
9. Оценка влияния полей фильтрации населенных пунктов и промышленных предприятий на подземные воды / Музыкин В. П., Мальцева О. А., Валькович А. А. [и др.] // М-лы 7-й Межд. н.-т. конф. «Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века» (17–18 мая 2007 г.). – Мн.: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2007 г. – С. 69–70.
10. ГН 2.1.7.12-1-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: принят 2004-02-24. – Минск, 2004. – 26 с.
11. Минимизация воздействия на окружающую среду при обращении с твердыми нефтесодержащими отходами / Ю. И. Суркова, А. В. Максютин, Д. В. Мардашов [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 111-113. – EDN PYDLFB.
12. Сывороткин, В. Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы / В. Л. Сывороткин. – М.: ООО «Геонформцентр», 2002. – 250 с.
13. Туровский, И. С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание / И. С. Туровский. – М.: ДеЛипринт, 2008. – 375 с

Поступила в редакцию 03.06.2025 г., рекомендована к печати 27.06.2025 г

STUDY OF HOT INDICATORS OF TECHNOLOGICAL WATER DEPOSITS ON NATURAL FILTRATION FIELDS OF GAS PROCESSING ENTERPRISES

KHurramov M.G., Nazirov Z.SH., Dzhuraeva N.B.

The article presents the results of a study of the flammable properties of deposits formed during the purification of environmentally harmful industrial wastewater from gas processing plants in natural filtration fields located near populated areas. As a result of the processes of suffocation and leaching during periodic operation, organic substances of various structures, saturated hydrocarbons (C_{13}-C_{30}), aromatic and toxic polycyclic compounds are deposited in a thickness of 60-80 cm. Precipitates begin to emit sparkling vapors at a temperature of 65°C and burn at a temperature of 300°C. The amount of flammable compounds is 150-170 mg/kg. Indicators of sediments at the bottom of filter platforms help prevent dangerous man-made fires.

Keywords: fields of natural filtration, technological runoff, precipitation, indicators of combustible properties, man-made fires.

Хуррамов Мухтор Гулович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологического образования Каршинского государственного университета,
Узбекистан, г. Карши.
E-mail: khurramov58@mail.ru

KHurramov Mukhtor Gulovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at Department of Technological education of Karshi State University,
Uzbekistan, Karshi.

Назиров Зулкайнар Шарапович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологического образования Каршинского государственного университета,
Узбекистан, г. Карши.
E -mail: nazirovzsh@mail.ru

Nazirov Zulkainar SHarapovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at Department of Technological education of Karshi State University,
Uzbekistan, Karshi.

Джураева Нигина Баходировна
студент Шахрисабзского государственного педагогического института,
Узбекистан, г. Шахрисабз.
E-mail: doniyordjuraev290@gmail.com

Dzhuraeva Nigina Bakhodirovna
Student of Shakhrisabz State Pedagogical Institute,
Uzbekistan, Shakhrisabz.