

УДК 331.45

Л. Т. АХМЕДЖАНОВА, М. К. ДЖЕКСЕНОВ, М. Т. АХМЕДЖАНОВА, Б. М. МУХАМБЕТАЛИЕВА

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ПЕРЕВОЗКИ СЕРЫ В КАЗАХСТАНЕ

Приведены анализ состояния и пути улучшения транспортировки серы для уменьшения опасности выделения вредностей и сохранения качества серы.

Интенсивное развитие экономики Казахстана неразрывно связано с добычей и переработкой минерального сырья, в том числе химических грузов таких как сера.

При этом значительная удаленность месторождений от потребителей требуют внедрения новых технологий в транспортировке грузов с учетом эколого-экономических факторов и сохранения качества транспортируемого полезного ископаемого.

Главную роль в транспортировке химических грузов, таких как сера, играет железнодорожный транспорт.

Основным грузоотправителем серы в Казахстане является Тенгизшевройл (далее - ТШО). Объемы перевозок данного грузоотправителя в различных направлениях железнодорожным транспортом по статистическим данным Акционерного общества «Национальная компания «Казахстан темир жолы» составили 2,059 млн. тонн, что составляет порядка 97% от общего объема перевозок серы. Данный грузоотправитель является основным недропользователем Тенгизского месторождения нефти.

Тенгизское месторождение относится к одним из самых богатых месторождений нефти в мире с резервными объемами нефти от 6 до 9 миллиардов баррелей. К 2010 году ожидается увеличение добычи нефти в регионе Тенгиза до 750.000 баррелей в день. Программа развития Тенгизского месторождения включает строительство трубопровода, а также внедрение производств, связанных с выработкой сухого газа, пропана, бутана и серных производных.

Указанные масштабы освоения и инвестиций в нефтегазовой индустрии при недостаточном развитии систем экологической защиты не могут не отразиться на состоянии здоровья людей и социально-экономической ситуации в регионе освоения месторождения. Например, вследствие освоения гигантских шельфов Северного Каспия,

характеризующихся очень высоким содержанием серы, проблема комплексной утилизации попутной серы становится одной из серьезных проблем Каспийского региона.

По оценкам экспертов в Казахстане в настоящее время по месторождению Тенгиз уже накоплено около 9 млн. тонн серы с приростом около 4,4 тыс. тонн ежедневно (1,5 млн. тонн в год). При удвоении мощности добычи нефти и значительном росте производства товарного газа с 28 до 40 млн. тонн при запуске проекта второго поколения (на 42%) Тенгиз будет производить до 2-2,2 млн. тонн серы в год.

Этапы производственного процесса, такие как налив на карты, крошение, плавление, хранение некондиционной серы, напрямую связаны с открытым хранением. Длительное хранение приводит к непригодности сотни тысяч тонн сырья либо снижению его качества, а также распад серы приводит к неблагоприятным экологическим последствиям.

Открытое долгосрочное хранение серы является потенциально экологически опасным. Это связано со следующими факторами:

- генерацией  $H_2SO_4$  серными бактериями;
- саморазрушением блоков, распространением элементарной серы в виде пыли и аэрозоли;
- выделением  $H_2S$ ;
- возгоранием серы с выделением диоксида серы.

Кроме того, климатические условия Западного Казахстана (температура, ветровой режим) неблагоприятны для открытого хранения серы.

В Казахстане, также как в Канаде (мировой лидер производства и реализации серы), ввиду перспективного увеличения запасов серы, назрела необходимость в разработке альтернативных безопасных способов хранения, транспортировки и скорейшей утилизации.

В 2007 году объем перевозок серы железнодорожным транспортом составил 2,125 млн.тонн,

в том числе основной объем транспортировался в экспортном сообщении (96%).

Среди факторов, которые сдерживают увеличение экспорта серы выделяют такие как:

- ограниченные возможности железнодорожной транспортировки, значительная удаленность месторождений от потребителей и высокая транспортная составляющая стоимости серы в цене реализации;

- в мире сохраняется тенденция превышения предложения над спросом и рост конкуренции между поставщиками серы.

В настоящее время цены на серу растут, однако аналитики отмечают нестабильность рынка серы.

Согласно имеющейся информации, ТШО в 2007 году было реализовано на внутреннем и внешних рынках свыше 2 млн. тонн серы в четырех видах:

- в жидким: 0,14 млн. тонн;
- в гранулированном: 0,7 млн. тонн;
- в комовом: 0,85 млн. тонн;
- в чешуированном: 0,36 млн. тонн.

Производство серы в 2007 году ТШО составило, порядка 1,6 млн. тонн. Реализация серы в 2007 году по отношению к производству превысила на 26%.

ТШО планирует увеличить продажи жидкой серы с 0,14 млн. тонн в 2007 году до, около, 0,185 млн. тонн в 2008 году.

Для транспортировки жидкой серы требуется использование специализированных обогреваемых ж/д цистерн. Парк таких цистерн находится в собственности грузоотправителей.

Вся жидккая сера продаётся на рынки СНГ, и Российской Федерации является самым значительным его рынком.

Касательно производства чешуированной серы можно отметить, что ее производство осуществляется установкой запущенной в Тенгизе в 2002 году мощностью 0,200 млн. тонн в год.

В 2004 году производственная мощность установки была увеличена до 0,4 млн. тонн в год.

Весь объём производимой чешуированной серы обычно продаётся на китайский рынок.

Транспортировка чешуированной серы осуществляется в крытых вагонах. Сера упаковывается в 50-ти кг мешки, так как существуют сложности при ее транспортировке и обращении с ней, по сравнению с гранулированной серой.

Необходимо отметить, что со второй половины 2007 года ТШО начал осуществлять погрузку чешуированной серы со станции Кульсары навалом в полувагоны с тарировкой ее в мешкотару по станции Тентек и отправлением в КНР через погранпереход Достык в крытых вагонах (порядка 4 тыс. тонн в месяц).

По информации грузоотправителя в настоящее время максимальная мощность предприятия по тарировке составляет 5 тыс. тонн в месяц. В планах на 2009 год увеличение до 10 тыс. тонн и более.

Производственные мощности ТШО по производству гранулированной серы составляют около 0,8 млн. тонн в год.

Дополнительные мощности в 0,8 млн. тонн в год будут введены в строй во второй половине 2008 года, что составит общую производительность 1,6 млн. тонн в год.,

Проект расширения мощностей по переработке серы, при условии получения одобрения со стороны партнёров, предусматривает увеличение мощностей по производству гранулированной серы на 0,8 млн. тонн в год к 2012 году, путём установки оборудования для переплавки комовой серы с карт, для последующей грануляции. Данный проект увеличит общую мощность ТШО по грануляции серы до 2,4 млн. тонн в год.

Гранулированная сера является продуктом наивысшего качества и наиболее предпочтительна покупателями. Она реализуется на рынках СНГ, Средиземноморья и Китая.

Мощности ТШО по производству комовой серы выросли с 0,05 млн. тонн в месяц в начале 2007 года до 0,09 млн. тонн в месяц к концу года.

ТШО добавляет оборудование для крошения и увеличения мощности по загрузке вагонов, чтобы достичь производительности 0,12 тыс. тонн в месяц во второй половине 2008 года.

Комовая сера имеет нестандартные размеры, что затрудняет обращение с ней, а также образовывает много пыли в отличие от гранулированной серы.

В настоящее время, основными рынками для реализации комовой серы являются страны СНГ и Северной Африки.

Данный груз, по классификации опасных грузов применимой на железнодорожном транспорте относится к 4 классу опасных веществ (легковоспламеняющиеся твердые вещества,

самовозгорающиеся вещества и вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой).

Согласно правил перевозок опасных грузов к соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении сера должна быть упакована в канистры: стальные, алюминиевые и из полимерных материалов. Перевозка должна осуществляться в крытых вагонах тарой максимальной вместимостью 50 кг.

Как было указано выше, сера комовая и гранулированная транспортируются в открытых полувагонах при соблюдении особых условий и принятия таких мер как тщательная заделка при погрузке конструктивных зазоров торцевых дверей кузова и разгрузочных люков вагона исключающей просыпание груза, равномерной погрузки, укрытия поверхности груза полотном, изготовленным из трудногорючего материала и его крепления к стенкам вагонов. При этом все вопросы относительно качества и количества решаются между грузоотправителем и грузополучателем без участия железных дорог.

В то же время, как показала практика, такой способ транспортировки не обеспечивает в полном объеме безопасности движения груза. Так в 2008 году отмечались факты возгорания серы при транспортировке в открытом подвижном составе даже при условии обеспечения особых условий транспортировки.

Так, на станции разъезд Кызыл-жар произошел пожар вагона с грузом сера комовая. Причиной пожара послужило согласно проведенного расследования самовозгорание серы. При транспортировке сера постоянно подвергается вибрации и ударным нагрузкам. Ударные нагрузки приводят к дроблению серы и постоянная вибрация - к трению между частицами, что может способствовать накоплению электрического заряда последующим возможным разрядом и возгоранием серы. Кроме этого самовозгорания серы может произойти и за счет окислительных процессов, связанных с образованием и накоплением тепла.

Согласно исследованиям [1, 2], при окислении полезных ископаемых (руды, уголь, сера) мощность источника тепла можно описать формулами вида:

$$Q = C_k U_s q \cdot S, \quad (1)$$

или

$$Q = C_k U_s q \cdot \gamma, \quad (2)$$

где  $C_k$  – концентрация кислорода, доли ед.;  $U_s$  – скорость сорбции кислорода рудой, отнесенная к поверхности в окисляющем объеме,  $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ ;  $U_\gamma$  – скорость сорбции кислорода рудой, отнесенная к весу окисляющегося объема,  $\text{м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}$ ;  $q$  – удельное тепловыделение при окислении полезного ископаемого кислородом воздуха,  $\text{Дж}/\text{м}^3$ ;  $S$  – площадь поверхности взаимодействия полезного ископаемого в объеме кислородом воздуха,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;  $\gamma$  – насыпная плотность полезного ископаемого в объеме,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Как видно из (1) и (2) при значениях  $C_k \rightarrow 0$  не будет источника тепла, а исследователь и не произойдет самовозгорания за счет окисления. Для исключения этого процесса можно использовать способ упаковки серы предложенный авторами [3]. При этом также сохраняется качество серы, не происходит загрязнение атмосферы рабочих зон и окружающей среды. В случаях перевозки серы в контейнерах, трюмах, судов и других крупных объемах, можно также использовать инертный газ. Инертный газ, азот или гелий, закачивается в транспортные емкости предварительно обеспечив их герметизацию и возможность продувки газа внутрь объема серы. Экономическая эффективность существующих и предлагаемого способов транспортировки серы в инертной среде может быть определена как

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n Y_i - \sum Z_i, \quad (3)$$

где  $\sum Y_i$  – сумма ущербов от перевозки серы существующими способами, тг;  $\sum Z_i$  – сумма затрат на осуществление предлагаемых способов транспортировки серы в инертной среде, тг.

Величина  $Y_i$  может быть представлена как

$$\sum_{i=1}^n Y_i = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4, \quad (4)$$

где  $Y_1$  – ущерб от загрязнения окружающей среды пылью и газами при перевозке, тг;  $Y_2$  – ущерб от повышения заболеваемости работников занятых на погрузочно-разгрузочных и транспортных работах при перевозке серы, тг;  $Y_3$  – ущерб от количественных потерь серы, тг;  $Y_4$  – ущерб от потери качества серы, тг.

Величину ущерба  $Y_1$  можно определить по методике (4). Ущерб  $Y_2$  можно определить по разнице больничных листов для работников занятых в этой сфере из средних многолетних данных до и после начала транспортировки серы.

Величину  $Y_2$  можно рассчитать по формуле:

$$Y_2 = \sum_{i=1}^n (T_2 - T_1) \cdot Z_i \text{ тг}, \quad (5)$$

где  $T_1, T_2$  – среднее количество дней по нетрудоспособности по больничным листам за год после и до начала транспортировки серы, дни;  $Z_i$  – средняя величина оплаты за 1 трудодень, тг/день.

Ущерб  $Y_3$  связан с выдуванием и просыпкой частиц серы при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке в полуwagonах и крытых вагонах в насыщенном виде. Сюда следует также отнести и потери при возгорании и самовозгорании серы в период транспортировки. При этом величину  $Y_3$  представим как

$$Y_3 = (V_1 + V_2 + V_3) \cdot \gamma \cdot C \text{ тг}, \quad (6)$$

где  $V_1, V_2, V_3$  – объемы потерянной серы за счет ее выдувания, просыпки, возгорания и самовозгорания, м<sup>3</sup>;  $C$  – стоимость 1 тонны реализуемой серы, тг/т.

Величина  $Y_4$  определяется снижением качества серы в период погрузочно-разгрузочных и транспортных работ и зависит от размера объема окисленных форм. В свою очередь величина объема окисленных форм зависит, помимо прочего, от времени окисления и размеров частиц серы. При этом величину  $Y_4$  можно рассчитать по формуле:

$$Y_4 = V_0 \cdot \gamma \cdot C \text{ тг}, \quad (7)$$

где  $V_0$  – объем окисленных форм серы, м<sup>3</sup>.

Затраты на осуществления предлагаемого в [3] способа связаны в основном с получением и продувкой инертным газом транспортируемых емкостей (мешки, контейнеры, трюмы судов и др.). Инертные газы азот или гелий поставляются обычно специализированными предприятиями. При этом наиболее дешевым является газ азот, получение которого можно организовать на предприятиях грузоотправителях (например, ТШО и др.) путем установки кислородной станции. При этом будут получать не только азот, который обычно выбрасывается в атмосферу, но и товарный кислород, необходимый для нужд предприятия при производстве сварочных работ.

Таким образом, полученным азотом можно наполнять и продувать все емкости, в которых транспортируется сера.

Затраты на осуществление предлагаемого способа состоит из

$$\sum_{i=1}^n Z_i = Z_1 + Z_2 \text{ тг}, \quad (8)$$

где  $Z_1$  – затраты на получение или приобретение инертного газа, тг;  $Z_2$  – затраты на продувку емкостей инертным газом и их герметизацию, тг.

Величина  $Z_1$  определяется по формуле:

$$Z_1 = V_z \cdot q_z \cdot C_z \text{ тг}, \quad (9)$$

где  $V_z$  – объем серы обрабатываемый инертным газом, м<sup>3</sup>;  $q_z$  – расход инертного газа на 1 тонну серы, м<sup>3</sup>/т;  $C_z$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> инертного газа, тг/м<sup>3</sup>.

Затраты  $Z_2$  состоят из стоимости оборудования  $C_{ob}$  и эксплуатационных расходов  $\mathcal{E}_p$  для продувки и герметизации емкостей, в которых транспортируется сера (целлофановые мешки, контейнеры, трюмы судов и др.), т.е.

$$Z_2 = C_{ob} + \mathcal{E}_p \text{ тг}. \quad (10)$$

Определив все ущербы от транспортировки серы при существующих и предлагаемых способах, а также затраты на их осуществление можно определить наиболее эффективный вариант транспортировки по методике нормативных отклонений [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмеджанов Т.К. и др. Математическое моделирование физико-химических процессов окисления и самовозгорания полезных ископаемых при их добыче, складировании и переработке. Алматы, 2003. С. 231.

2. Веселовский В.С. и др. Физические основы самовозгорания угля и руд. М., 1972. С. 147.

3. Предпатент №19690. Способ упаковки серы для хранения. Бюл. №7 от 15.07.2008. / Авторы: Ахмеджанова Л.Т. и др.

## Резюме

Күкіртті тасымалдаудың жақсартылған жолы мен бөлініп шығатын зиянды заттардың қауіптілігін азайту және күкірттің сапасын сақтау жағдайларының талдауы көлтірілген.

## Summary

In clause are resulted the analysis of condition and the way of improving at transportation of sulfur for decrease in danger of allocating dangerous substance and of saving qualities of sulfur.