

Использование песка и опоки для сбора разливов и проливов нефтепродуктов на урбанизированных территориях

Р.В. Хрестенко, А.А. Сахарова, В.Н. Азаров

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В публикации рассматриваются разливы и проливы нефтепродуктов на АЗС. Указаны материалы, используемые для сбора разливов и проливов нефтепродуктов на АЗС. Рассмотрены недостатки песка и свойства опоки. Для проведения экспериментов по сбору песком и опокой нефтепродуктов использовался бензин. Проведены эксперименты и получены данные по изменению массы бензина, оставшегося на образцах (частицы опоки, частицы песка), от первоначальной массы образцов (до контакта с бензином). Сделано предположение о возможности применения опоки вместо песка для сбора разливов и проливов нефтепродуктов в городской среде.

Ключевые слова: разливы, проливы, нефтепродукты, АЗС, песок, опока, городская среда.

Одной из задач экологической безопасности городской среды является проблема сбора разливов и проливов нефтепродуктов. Одним из мест, где происходят проливы и разливы нефтепродуктов, являются АЗС [1,2], плотность расположения которых на городских территориях, высока. Наиболее распространёнными топливами в городской среде являются бензин и дизельное топливо. В соответствии со сведениями, указанными в работах [3,4], только количество проливов у топливораздаточных колонок и на площадках слива топлива достигает до 100 г на 1 т бензина и 50 г на 1 т дизельного топлива. По данным Министерства энергетики РФ за 2017 год на внутренний рынок страны поставлено автомобильных бензинов – 35,2 млн.т, а дизельного топлива – 33,1 млн.т. Тогда, для оценки можно принять, что объем пролитого бензина в 2017 г. составил до 3520 т, а объем пролитого дизельного топлива составил до 1655 т. Учитывая вышеупомянутую информацию, проблемы, связанные с количествами пролитых бензина и дизельного топлива обуславливают актуальность исследования этой проблемы как составляющей экологической безопасности городской среды.

В Правилах по охране труда при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов указано, что при заправке автотранспорта на

АЗС пролитые нефтепродукты должны быть засыпаны песком. В том же документе в требованиях охраны труда при работе с нефтепродуктами приведена информация о том, что при разливе бензина на открытой площадке место разлива засыпать песком. В ГОСТ 58404-2019 «Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации» указано, что для сбора пролитых нефтепродуктов должен быть запас сорбента, также допускается использование песка. Таким образом, анализ нормативно-технической документации показал, что для ликвидации проливов нефтепродуктов на АЗС следует применять песок, а для ликвидации разливов нефтепродуктов на АЗС сорбент или песок. При этом, конкретного отличия между терминами «пролив» и «разлив» нам встретить не удалось. Как показывает практика, для сбора проливов и небольших разливов нефтепродуктов применяется песок. В работах [5,6] авторы ссылаются на недостатки песка для сбора разлитых нефтепродуктов. В публикации [5] указано, что эффективность сбора нефтепродуктов песком к различным нефтепродуктам не установлена и нефтесодержащие отходы (песок + нефтепродукты) являются источником выделения нефтепродуктов.

Для сбора разливов и/или проливов нефтепродуктов могут быть использованы различные природные материалы, например, опока. Действительно, в научной литературе приводятся сведения о том, что опока обладает сорбционными свойствами [7], в том числе к нефтепродуктам. Также на выбор опоки оказало влияние ее распространенность на территории РФ, что обуславливает ее использование как возможную альтернативу песку для сбора нефтепродуктов в городской среде. Например, опоки встречаются на Урале и в Зауралье [8], на юге России [9] и на других территориях РФ.

С целью оценки возможности использования песка и опоки для сбора бензина были проведены эксперименты. Бензин был выбран для исследований по следующим причинам. Во-первых, бензин является более

распространенным топливом в городской среде, чем дизельное топливо. Во-вторых, удельный пролив (масса пролитого топлива на тонну) выше у бензина, чем у дизельного топлива. В-третьих, бензин является более летучим, и, следовательно, более опасным для городской среды, чем дизельное топливо, что требует более жестких мероприятий по сбору его разливов и/или проливов. В-четвертых, ПДК паров бензина в воздухе рабочей зоны составляет 100 мг/м^3 согласно ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия», а согласно ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» ПДК паров алифатических углеводородов в воздухе рабочей зоны составляет 300 мг/м^3 .

Кроме того, в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» среднесуточная ПДК бензина (нефтяного, малосернистого)/в пересчете на углерод составляет $1,5 \text{ мг/м}^3$, а сведения о среднесуточной ПДК для дизельного топлива (алканов C_{12-19} в пересчете на углерод) отсутствуют.

Для экспериментов была использована марка бензина АИ-92 экологического класса К5. Для проводимого исследования значение марки бензина не имеет, так как в соответствии с ГОСТ 32513-2013 физико-химические и эксплуатационные показатели бензинов для марок (АИ-80, АИ-92, АИ-95, АИ-98) не различаются, кроме октанового числа. Экологический класс бензина для экспериментов не представлял интереса, так как, исходя из статьи 7 ТР ТС 013/2011 Технического регламента Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» в настоящее время на территории РФ допускается выпуск в обращение и обращение автомобильного бензина только экологического класса К5.

Для исследований был взят песок, используемый АЗС г. Волгограда для сбора проливов нефтепродуктов, который соответствовал требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».

Для экспериментов была использована опока Каменоярского месторождения Черноярского района Астраханской области, реализуемая компанией ООО МФ «АКВАПЛАСТ». В публикации [10] указаны сведения об опоке Каменоярского месторождения Астраханской области, в том числе информация об удельной поверхности опоки ($730 \text{ м}^2/\text{г}$.) Указанное значение представляет интерес для использования опоки в качестве сорбента. Однако, авторы [10] не приводят сведения о гранулометрическом составе опоки, которая характеризуется такой удельной поверхностью.

Во время всех проводимых экспериментов относительная влажность воздуха в лаборатории находилась в пределах 23,7-31,1 %, а температура окружающего воздуха находилась в пределах 27,6-29,7°C. Суть эксперимента состояла в следующем. Образец песка известной массы в лабораторном стакане контактировал с бензином известного объема, таким образом, чтобы вся толща образца песка была покрыта бензином. Учитывая, что бензин практически мгновенно проник в толщу песка, то часть бензина, находящегося над песком, осторожно декантировали в течение пяти минут. Затем массу образца песка измеряли на лабораторных весах и фиксировали изменение массы. Со временем масса уменьшалась за счет испарения бензина. На основании полученных данных, была построена зависимость отношения массы бензина, который остался на образце песка, к первоначальной массе образца песка (до контакта с бензином) от времени. Вышеупомянутая зависимость представлена на рис.1.

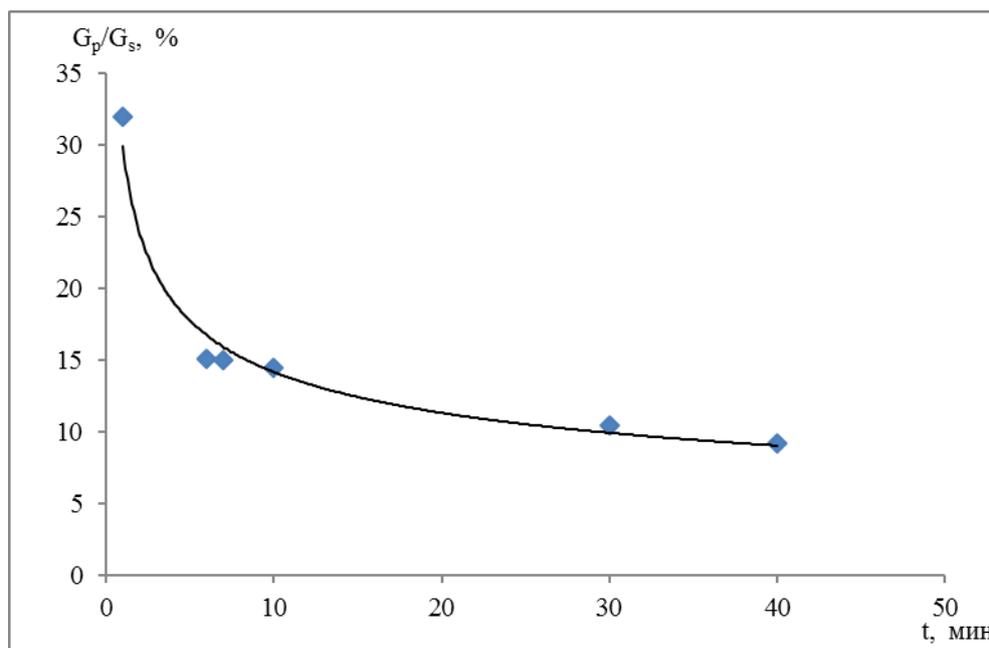


Рис. 1. - Зависимость отношения массы бензина G_p , который остался на образце песка, к первоначальной массе образца песка G_s (до контакта с бензином) от времени.

Из рис. 1 можно видеть, что образец песка, содержащий бензин, очень быстро теряет массу в первые минуты, а затем потеря массы значительно замедляется. Дальнейшее измерение массы образца песка после контакта с бензином не представляло интереса, так как, исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о низкой эффективности песка для сбора разливов и/или проливов бензина. Действительно, при сборе пролива и/или разлива необходимо время для сбора образовавшегося нефтесодержащего отхода, а в соответствии с рис. 1 в течение 5 минут происходит улетучивание более 50% массы бензина с образца песка. Более того, при хранении такой нефтесодержащий отход будет являться источником вторичного загрязнения атмосферы. Из полученных результатов можно сделать вывод, что в случае применения песка, время его контакта с проливом и/или разливом бензина должно быть минимальным и полученный нефтесодержащий отход (песок + бензин) должен помещаться в контейнер для хранения незамедлительно, что в реальных условиях обеспечить крайне затруднительно.

Аналогичный эксперимент был проведен с опокой. Образец опоки (фракция 2-8 мм) в лабораторном стакане контактировал с бензином известного объема, таким образом, чтобы все частицы опоки контактировали с бензином. Время контакта образца опоки с бензином составило 5 минут, после в течение 4 минут частицы опоки были извлечены из бензина. Время контакта образца опоки с бензином для эксперимента было выбрано с целью оценки свойств опоки для сбора бензина с учетом реального времени, которое является, на наш взгляд, разумным для сбора проливов и/или разливов. После проводили измерение массы образца опоки, смоченной бензином, и фиксировали изменение массы от времени. Со временем масса уменьшалась, что обусловлено испарением бензина. На основании полученных данных был построен график зависимости отношения массы бензина, который остался на образце опоки, от первоначальной массы образца опоки (до контакта с бензином) от времени. Указанный график приведен на рис.2.

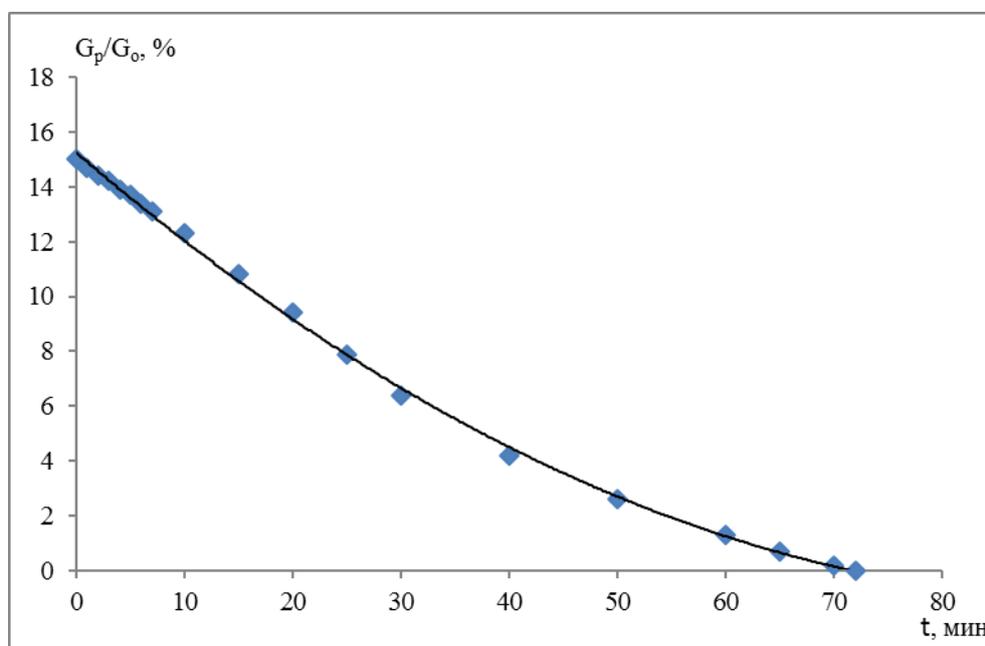


Рис. 2. - Зависимость отношения массы бензина G_p , который остался на образце опоки, от первоначальной массы образца опоки G_0 (до контакта с бензином) от времени.

Анализ рис.2 показал, что весь бензин, который оставался на частицах опоки, испарился менее чем за 1,5 часа. Однако, при сравнении рис. 1 и рис. 2 можно видеть, что скорость испарения бензина с частиц опоки значительно ниже, чем с частиц песка. Этот факт очень важен, так как после засыпки разлива и/или пролива, необходимо некоторое время для того, чтобы убрать полученный нефтесодержащий отход в контейнер для хранения. Но, при этом бензина изначально находится больше в образце песка, чем в образце опоки.

В экспериментах была использована фракция опоки 2-8 мм, что, на наш взгляд, оказало влияние на результаты экспериментов. В связи с чем, представляется целесообразным использовать опоку более мелких фракций, что, возможно, обеспечит большую эффективность сбора бензина и еще более низкое испарение бензина с нефтесодержащего отхода (частицы опоки + бензин).

Для исследования свойств опоки в качестве материала для сбора разливов и/или проливов бензина был проведен дополнительный эксперимент. Образец опоки известной массы (фракция 2-8 мм) контактировал с бензином известного объема, но при этом объем бензина и масса опоки были выбраны таким образом, что свободный бензин в образце опоки, контактирующем с бензином, отсутствовал, а верхний слой опоки практически не был смочен бензином. После проводили измерение массы образца опоки, смоченной бензином, и фиксировали изменение массы от времени. Со временем масса, как и в других экспериментах, уменьшалась, что связано с испарением бензина. На основании полученных данных был построен график зависимости отношения массы бензина, который остался на образце опоки, от первоначальной массы образца опоки (до контакта с бензином) от времени. Указанный график представлен на рис.3.

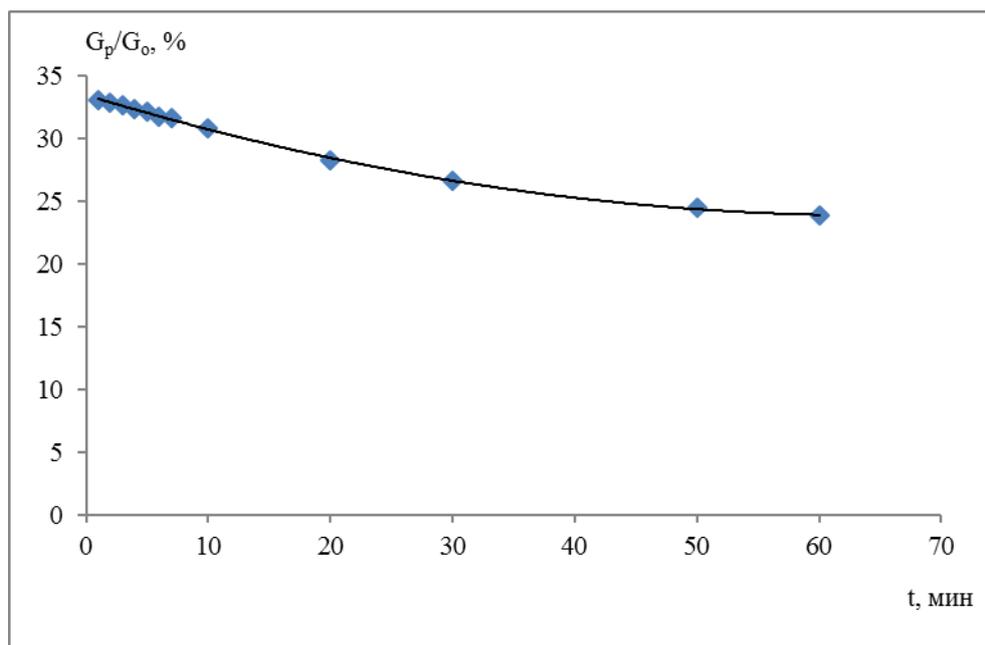


Рис. 3. - Зависимость отношения массы бензина G_p , который остался на образце опоки, от первоначальной массы образца опоки G_0 (до контакта с бензином) от времени.

Из рис. 3 можно видеть, что масса бензина, оставшегося на частицах опоки, превышает массу бензина, оставшегося на частицах песка, в соответствии с рис. 1. Скорость испарения бензина с образца опоки на основании рис. 3 сопоставима со скоростью испарения бензина с образца опоки в соответствии с рис. 2.

Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что опоку можно рассматривать как альтернативу применения песка для сбора разливов и проливов нефтепродуктов в городской среде.

Литература

1. Hilpert M., Breysse P.N. Infiltration and evaporation of small hydrocarbon spills at gas stations. Journal of Contaminant Hydrology. 2014. V.170. pp.39-52.
URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772214001417.
2. Hilpert M., Mora B.A., Ni J., Rule A.M., Nachman K.E. Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and



Health Effects. Current Environmental Health Reports. 2015. V.2. Issue 4. pp.412-422. URL: link.springer.com/article/10.1007/s40572-015-0074-8.

3. Ямпольская Т.Д., Фахрутдинов А.И., Васильева И.С. Состояние почвогрунтов территорий ряда автозаправочных станций города Сургута // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т.16. №1(4). С. 1134-1138.

4. Юрченко В.А., Мельникова О.Г. Эмиссия нефтепродуктов, создаваемая дорожными инфраструктурными комплексами // Вестник ХНАДУ. 2014. Вып.64. С.134-139.

5. Хрестенко Р.В., Азаров В.Н. Материалы для сбора нефтепродуктов при ликвидации разливов и проливов в городской среде // Инженерный вестник Дона. 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5997.

6. Хрестенко Р.В., Азаров В.Н. Требования к сорбентам для сбора разливов и проливов нефтепродуктов в городской среде // Инженерный вестник Дона. 2019. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6061.

7. Бузаева М.В., Климов Е.С., Кириллов А.И. Физико-химические свойства природных сорбентов Ульяновской области // Башкирский химический журнал. 2010. Т.17. №4. С.37-40.

8. Карпухин М.Ю. Эффективность использования диатомита в качестве удобрения при возделывании моркови в условиях Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2014. №1 (119). С. 17-19.

9. Котляр В.Д., Терёхина Ю.В., Котляр А.В., Шека С.И. Опоковидные породы юга России и перспективные направления их использования в производстве строительных материалов // Новые технологии. 2012. №4. С.61-65.

10. Бодня М.С. Влияние опок Астраханской области на ионный состав почвы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т.13. №5(2). С.140-142.

References

1. Hilpert M., Breysse P.N. Infiltration and evaporation of small hydrocarbon spills at gas stations. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2014. V.170. pp.39-52. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772214001417.
2. Hilpert M., Mora B.A., Ni J., Rule A.M., Nachman K.E. Hydrocarbon Release during Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects. *Current Environmental Health Reports*. 2015. V.2. Issue 4. pp.412-422. URL: link.springer.com/article/10.1007/s40572-015-0074-8.
3. Yampolskaya T.D., Fakhrutdinov A.I., Vasiljeva I.S. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoy akademii nauk*. 2014. V.16. N. 1(4). pp. 1134-1138.
4. Yurchenko V.A., Meljnikova O.G. *Vestnik KHNADU*. 2014. Vip. 64. pp. 134-139.
5. Khrestenko R.V., Azarov V.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5997.
6. Khrestenko R.V., Azarov V.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2019. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6061.
7. Buzaeva M.V., Klimov E.S., Kirillov A.I. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal*. 2010. V.17. N.4. pp. 37-40.
8. Karpukhin M. Yu. *Agrarnii vestnik Urala*. 2014. №1 (119). pp. 17-19.
9. Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V., Sheka S.I. *Novie tekhnologii*. 2012. №4. pp. 61-65.
10. Bodnya M.S. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoy akademii nauk*. 2011. V.13. N5 (2). pp. 140-142.