

6. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts, Tyndall Centre for Climate Change Research, 2011
7. K. A. Bullin, P. E. Krouskop, Compositional variety complicates processing plans for US shale gas, Oil&Gas Journal, 2009, №10
8. R.W. Howarth, R. Santoro, A. Ingraffea. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations, Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-011-0061-5
9. I. J. Laurenzi, G. R. Jersey. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions and Freshwater Consumption of Marcellus Shale Gas, Environmental Science & Technology, April 2013
10. Monitoring and control of fugitive methane from unconventional gas operations, Environment Agency, Bristol, UK, 2012
11. M. Zoback, S. Kitasei, B. Copithorne, «Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development», Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Worldwatch Institute, 2010
12. Lancashire fracking: 2.9 magnitude tremor. <https://eng-news.ru/Lancashire-fracking-2-9-magnitude-tremor-recorded/>
13. S.G. Osborn, A.Vengosh, N.R. Warner, R/B. Jackson, Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2011, v. 108 (20), pp. 8172–8176
14. Impacts of shale gas and shale oil extraction on the environment and on human health, ENVI, 2011
15. J.Veil. «Trends in Flowback Water Management in Shale Gas Plays», 2012
16. Supplemental generic environmental impact statement on the oil, gas and solution mining regulatory program, New York State Department of Environmental Conservation Division of Mineral Resources, 2009
17. S.M. Olmstead, L.A. Muehlenbachs, J.-S. Shih, Z. Chu, A.J. Krupnick, Shale gas development impacts on surface water quality in Pennsylvania Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2013, vol. 110 (13), pp. 4962-4967.

ПОДХОДЫ К ОТБОРУ ПРОБ ВОЗДУХА С ПЛОЩАДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Малых О. С., научный сотрудник ООО «АРСИ»;

Свицков С. В., генеральный директор ООО «ОКС Групп»;

Горожанкин Е. И., заместитель генерального директора ООО «ОКС Групп».

Среди всех источников выбросов загрязняющих веществ и запаха в атмосферу значимую долю занимают площадные источники. Особенно их вклад в загрязнение атмосферы ощущается в таких отраслях, как животноводство, водопроводно-канализационное хозяйство и обращение с отходами (например, полигоны ТКО). Если для организованных точечных источников инструментальные методы для определения качественного и количественного состава выбросов хорошо проработаны, то в случае неорганизованных площадных источников инструментальные методы пока не нашли широкого применения, и исследователи чаще полагаются на менее точные расчётные методы. Однако в России и в других странах мира существуют инструментальные методы, обладающие большим потенциалом к широкому использованию для определения реальных характеристик выбросов.

В настоящее время наиболее часто применяемый в России подход к анализу выбросов от неорганизованных источников описан в «Методических рекомендациях по расчёту выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферный воздух от неорганизованных источников станций аэрации сточных вод» [1]. В соответствии с этими рекомендациями концентрация загрязняющего вещества в выбросах рассчитывается как разность между максимальной концентрацией, измеренной в воздухе вблизи водной поверхности, и средней фоновой концентрацией в воздухе с наветренной от водной поверхности обследуемого сооружения стороны. Рассчитанная концентрация, наряду с полной площадью поверхности, скоростью ветра и рядом поправочных коэффициентов используется для расчёта мощности выброса M (г/с) согласно следующей формуле:

$$M = 0,9 \times 10^{-5} \times u \times a_1 \times (C_{max} - \bar{C}_\phi) \times S^{0,93}, \quad (1)$$

где:

C_{max} (мг/м³) – максимальная концентрация загрязняющего вещества, измеренная в воздухе вблизи водной поверхности;

\bar{C}_ϕ (мг/м³) – средняя фоновая концентрация загрязняющего вещества с наветренной от водной поверхности стороны;

S (м²) – полная площадь водной поверхности;

a_1 – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние превышения температуры водной поверхности источника выброса над температурой воздуха на высоте 2 м вблизи сооружения;

u (м/с) – скорость ветра на стандартной высоте флюгера 10 м, зафиксированная в период времени, когда была замерена концентрация C_{max} ; если фактическая скорость ветра не превышает 3 м/с, значение u принимается равным 3 м/с.

Существует и альтернативный метод, широко распространённый в зарубежных странах. Суть метода заключается в перекрытии участка поверхности площадного источника твёрдым колпаком, пропускании потока воздуха под колпаком и отборе проб на выходе, как из точечного источника [2, 3, 4]. В основе метода лежат следующие допущения:

- перекрытый участок является репрезентативным по отношению ко всему источнику с точки зрения как временного, так и пространственного аспекта;
- процесс исследования не оказывает значимого влияния на результат измерений.

В настоящее время используется широкий диапазон основанных на описанном принципе процедур и устройств, которые отличаются друг от друга по ряду параметров, таких как:

- тип используемого для продува воздуха (атмосферный воздух или сжатый воздух из газовых баллонов);
- расход и скорость воздушного потока;
- конструкция и габариты колпака;
- материал корпуса.

Пример пробоотборного устройства приведён на рисунке 1.

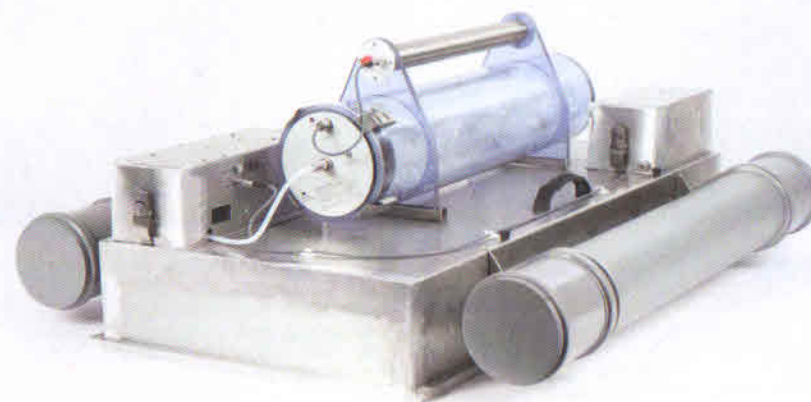


Рис. 1. Пробоотборный колпак для неаэрируемых площадных источников в сборе с устройством CSD-30

Есть опыт применения описанного метода и в России. В частности, такие исследования проводились в 2019 году на свиноводческом комплексе «Оскольский бекон 3» ООО «АПК «ПРОМАГРО», расположенном вблизи села Хорошилово Старооскольского городского округа Белгородской области [5]. Помимо организованных источников (труб корпусов, в которых содержатся животные), на свинокомплексе имеются и неорганизованные источники, а именно – 10 открытых лагун для накопления навоза. Спутниковый снимок территории предприятия, полученный с помощью сервиса Google Maps, представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Спутниковый снимок территории свиноводческого комплекса «Оскольский бекон 3»: слева внизу – корпуса для содержания животных, справа сверху – лагуны для накопления навоза

Десять лагун для накопления навоза занимают достаточно большую площадь: внешние размеры одной лагуны – 120×60 м, размеры зеркала – 114×54 м. Так как лагуны не имеют никаких перекрытий, выброс загрязняющих и пахучих веществ с поверхности жидкой фазы ничем не ограничен и может оказывать существенное негативное воздействие на атмосферный воздух. Поэтому важной задачей исследования был выбор метода отбора проб от площадных источников, который позволил бы адекватно оценить массовый выброс запаха от лагун с навозом с последующим определением концентрации запаха в жилой зоне в соответствии с ГОСТ Р 58578-2019 «Правила установления нормативов и контроля выбросов запаха в атмосферу» [6].

Ещё одна сложность, связанная с анализом выбросов запаха от лагун, заключалась в высокой степени неоднородности их содержимого. Часть лагун была заполнена свежим жидким навозом, часть – более густым навозом, а некоторые лагуны были покрыты уже засохшей коркой. В связи с этим пришлось разделить лагуны на зоны, оценить площадь каждой зоны, отобрать пробы от каждой зоны и рассчитать суммарный выброс запаха с учётом вклада каждой

зоны. Для обеспечения пространственной и временной репрезентативности проб всего было отобрано 18 образцов за два дня. В каждый из дней отбирались пробы от трёх лагун разного типа, по три пробы от каждой лагуны.

Для отбора проб воздуха с поверхности лагун использовался специальный колпак, представленный на рисунке 3. Система состоит из фильтра, жёсткой трубы с местом для отбора проб и измерения параметров газозвдушного потока, мягкого подводящего шланга, пробоотборного колпака с поплавками для размещения на водной поверхности, мягкого отводящего шланга, жёсткой трубы с местом для отбора проб и измерения параметров газозвдушного потока и вентилятора. Для отбора проб запускается вытяжной вентилятор, и очищенный через угольный фильтр воздух поступает в пространство над зеркалом воды, ограниченное колпаком, где вбирает в себя выделяющиеся из жидкой фазы вещества, после чего выбрасывается в атмосферу. На входе и выходе в систему измеряются параметры газозвдушной смеси, а также осуществляется отбор проб воздуха в чистые ПЭТ-мешки без запаха. В данном случае на входе в систему отбиралась одна проба, а на выходе из системы – три. Измерения на входе нужны либо для подтверждения отсутствия запаха в исходном воздухе для продува, либо для учёта входной концентрации, если она не равна нулю.



Рис. 3. Пробоотборный колпак на поверхности лагуны

По результатам измерений параметров газоздушного потока на месте и последующих измерений концентраций запаха в лаборатории рассчитывается мощность выброса запаха M_3 (ЕЗ²/ч), для чего используется следующая формула:

$$M_3 = (\bar{C}_{\text{вых}} - C_{\text{вх}}) \times V \times \frac{S_{\text{и}}}{S_{\text{к}}} \quad (2)$$

где:

$C_{\text{вх}}$ (ЕЗ/м³) – концентрация запаха на входе в пробоотборную систему;

$\bar{C}_{\text{вых}}$ (ЕЗ/м³) – средняя концентрация запаха на выходе из пробоотборной системы;

$S_{\text{и}}$ (м²) – полная площадь водной поверхности источника;

$S_{\text{к}}$ (м²) – площадь водной поверхности, ограниченной колпаком;

V (м³/ч) – объёмный расход воздуха, пропускаемого через пробоотборную систему.

Аналогичные расчёты могут проводиться не только для концентрации запаха, но и концентрации конкретных загрязняющих веществ (в этом случае ЕЗ/м³ заменяются на мг/м³, а ЕЗ/ч – на мг/ч).

К преимуществам выбранного в описываемом случае метода можно отнести:

- стандартизацию условий массообмена и процесса отбора проб в разные дни вне зависимости от фактических погодных условий;
- возможность отдельно оценить выбросы от разных типов водной поверхности и учесть их вклад в зависимости от занимаемой площади;
- возможность измерить низкие концентрации запаха.

Результаты исследований показали, что мощность выброса запаха от всех лагун свиноводческого комплекса «Оскольский бекон 3» равнялась 557 млн. ЕЗ/ч, что, вопреки первоначальному предположению, составило лишь незначительную часть (6 %) от суммарной мощности выбросов от всех источников предприятия (10 055 млн. ЕЗ/ч). Эти выводы позволят руководству предприятия более правильно расставить приоритеты в случае, если в

² ЕЗ – единица запаха

дальнейшем потребуется проведение мероприятий по сокращению выбросов запаха в атмосферу, которые на данном этапе сочтены нецелесообразными. При отборе проб атмосферного воздуха с подветренной стороны от лагун дифференцировать вклады каждого типа источников в формирование запаха было бы затруднительно и выбросы лагун могли бы быть переоценены, так как корпуса для содержания животных и лагуны для накопления навоза находятся в непосредственной близости друг от друга.

Итак, в настоящее время существуют технически реализуемые методы отбора проб от неорганизованных площадных источников для последующего лабораторного анализа, возможность применения которых не зависит от метеорологических условий и взаимного расположения источников. Как теоретические соображения, так и практический опыт свидетельствуют о том, что эти методы обладают огромным потенциалом и заслуживают внимания со стороны профессионального сообщества и повсеместного распространения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по расчёту выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферный воздух от неорганизованных источников станций аэрации сточных вод, АО «НИИ Атмосфера», Санкт-Петербург, 2015.
2. EN 13725:2022. Air quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry.
3. Odour Control in Wastewater Treatment – Technical Reference Document, UK Water Industry Research Limited, 2014.
4. Galvin, G. Comparison of on-pond measurement and Back Calculation of Odour Emission Rates from Anaerobic Piggery Lagoons (dissertation), University of Southern Queensland, 2005.
5. Свицков С. В., Малых О. С., Тращенко П. В. Ольфактометрические исследования на свиноводческом производстве: цели, методы, результаты // Экология и строительство. 2020, №3.
6. ГОСТ Р 58578-2019. Правила установления нормативов и контроля выбросов запаха в атмосферу.