

С. М. ЛОГВИНКОВ, Г. С. ПОПЕНКО, Г. Н. ШАБАНОВА, В. Н. ШУМЕЙКО

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ОТ ЭМИССИИ АММИАКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Останнім часом фахівці різних країн звертають увагу на наявність підвищеної концентрації аміаку в пробах повітря в житлових і промислових приміщеннях, які побудовані з бетонних конструкцій. Запропоновано рішення щодо зниження ризику, що полягає в примусовому виділенні основної кількості аміаку з портландцементних композицій в період замішування і ранні терміни тверднення, шляхом введення спеціальних добавок. Представлено порівняння екологічних ризиків негативного впливу аміаку на всіх стадіях його емісії. Встановлено, що на початкових стадіях виробничого процесу ймовірність виникнення негативних наслідків від впливу аміаку на працівників ЖБК вище в кілька разів, ніж при знаходженні людини в приміщеннях, виготовлених з цементвмісних конструкцій, але не перевищує рівня прийнятного ризику. Відзначено, що ризик на ЖБК є усуненим при організації місцевої вентиляції робочих місць.

Ключові слова: портландцемент, бетонні конструкції, емісія аміаку, екологічний ризик, оцінка ризику.

В последнее время специалисты различных стран обращают внимание на наличие повышенной концентрации аммиака в пробах воздуха в жилых и промышленных помещениях, построенных из бетонных конструкций. Предложено решение по снижению риска, заключающееся в принудительном выделении основного количества аммиака из портландцементных композиций в период затворения и ранние сроки твердения, путем введения специальных добавок. Представлено сравнение экологических рисков негативного влияния аммиака на всех стадиях его эмиссии. Установлено, что на начальных стадиях производственного процесса вероятность возникновения негативных последствий от воздействия аммиака на работников ЖБК выше в несколько раз, чем при нахождении человека в помещениях из цементосодержащих конструкций, но не превышает уровня приемлемого риска. Отмечено, что риск на ЖБК является устранимым при организации местной вентиляции рабочих мест.

Ключевые слова: портландцемент, бетонные конструкции, эмиссия аммиака, экологический риск, оценка риска.

Recently specialists from various countries turn their attention to increased ammonia content in air samples from residential and industrial facilities built of concrete structures. A from ready items, during long time substantially affects human health. Risk decrease was proposed in compulsory elimination of the bulk of ammonia from Portland-cement mixtures during dissolution and early hardening by introduction of special additives. Comparison is presented of environment risks from ammonia negative effect in cases when the bulk of ammonia was eliminated at concrete structure manufacturing plant and in the course of concrete items operation, particularly in dwelling facilities. It was found that at initial manufacturing process stages the probability of negative consequences from ammonia effect on manufacturing plant workers was several times higher than during human presence at facilities made of cement-containing structures, but it never exceeds acceptable risk level. It was specified that risk at concrete manufacturing plants may be eliminated under adequate workplace ventilation, whereas risk for humans in facilities may not be eliminated.

Keywords: Portland-cement, concrete structures, ammonia emission, environment risk, risk estimate.

Необходимость обеспечения экологической безопасности человека, как на производстве, так и в бытовых условиях, требует выявления вновь возникающих потенциальных опасностей, их источников и оценки их экологического риска. Понятие «экологический риск» подразумевает вероятность возникновения негативных воздействий на здоровье людей в результате действия загрязняющих веществ, присутствующих в окружающей среде.

Здоровье отдельного человека и населения в целом важно рассматривать как определенные характеристики обеспечения качества трудовых ресурсов в процессе развития общества. С этой точки зрения в современных условиях интенсификации промышленного производства все большее значение приобретает оценка экологического риска для здоровья населения при воздействии загрязняющих веществ из окружающей среды. В первую очередь это обусловлено расширением использования в технологии различных химических веществ с целью повышения эффективности технологических процессов.

Так, в технологии портландцемента возникли новые риски, связанные с возможным накоплением азотсодержащих соединений [1]. В дальнейших процессах гидратации портландцементосодержащих композиций, образования цементного камня и эксплуатации соответствующих строительных материалов и изделий из них происходит выделение аммиака. Источники накопления азотсодержащих соединений и наиболее вероятный механизм образования аммиака подробно изучены в работе [2]. Авторы [2] априори предположили, что аммиак из готовых изделий, выделяясь постепенно, в течение долгого времени оказывает более существенное влияние на здоровье человека, чем, если основное его количество будет удалено принудительно, до затвердения бетона. Для принудительного выделение основного количества аммиака из портландцементных композиций авторами [2] предложено применять специальную добавку в малых концентрациях.

Данные об изучении эмиссии аммиака в жилых и офисных помещениях, находящихся в бетонных сооружениях, в литературе отсутствуют. Необходимо

также учитывать, что порог чувствительности обоняния человека гораздо выше предельно допустимой концентрации аммиака, поэтому работающие в помещениях из бетона, не улавливают характерный запах аммиака при его эмиссии.

Всемирная проблема эмиссии аммиака из бетонов и строительных растворов на основе портландцемента сравнительно новая и еще слабо изучена, особенно в вопросах концентрационных пределов кинетики выделения авторами [3 – 5].

Поэтому представляет интерес сравнение экологических рисков негативного влияния аммиака на всех стадиях его эмиссии.

Целью работы является сравнительная оценка экологических рисков негативного воздействия аммиака, основное количество которого уже выделилось (непосредственно при гидратации и твердении цементного камня на рабочих местах в производстве ЖБК) и в процессе эксплуатации бетонных изделий, в частности, в жилых помещениях.

Согласно закону Габера [6, 7], вероятность возникновения отдаленных негативных последствий для здоровья человека прямо пропорциональна концентрации химического вещества c и времени воздействия этого вещества t .

Общепринято считать, что при воздействии малых доз химических загрязняющих веществ зависимость «доза – эффект» имеет линейный беспороговый характер. Тогда её можно представить формулой [7]:

(1)

где $r(D_{ch})$ – дополнительный экологический риск как функция от дозы вещества, поступившего в организм человека; D_{ch} – доза химического вещества, мг; F_{Dch} – коэффициент риска, пропорциональный наклону кривой «доза – эффект», который отражает степень возрастания риска с увеличением дозы химического вещества на одну единицу дозы, mg^{-1} ; c – концентрация химического вещества, mg/m^3 ; $v = 8,10 \cdot 10^3$ – интенсивность поступления вдыхаемого человеком воздуха, содержащего загрязняющее вещество, $m^3/год$; t – время поступления в человеческий организм загрязняющих химических веществ, годы.

В Украине, как и в большинстве стран, входящих в ООН, уровень приемлемого риска r принят 10^{-6} за год, т.е. допускается фиксация ухудшения здоровья 1 человека из миллиона.

Коэффициент риска для неканцерогенных химических веществ принято рассчитывать по формуле [4]:

(2)

где ПДК_{сс} – среднесуточная предельно-допустимая концентрация, mg/m^3 .

Для аммиака среднесуточная предельно-допустимая концентрация ПДК_{сс} составляет $0,04 mg/m^3$.

Дальнейшие расчеты оценки экологического риска проводились по формулам (1) и (2).

Оценка экологического риска для работников предприятий ЖБК. Расчет проведем для максимально жестких условий работы. Принимаем следующие параметры нахождения людей под воздействием аммиака, выделяющегося при гидратации и твердении цемента: в день – 8 часов, в год – 11 месяцев, стаж работы – 35 лет. Такой стаж принят, исходя из того, что чаще всего на соответствующих рабочих местах, непосредственно контактирующих с бетоном, на предприятиях ЖБК работают мужчины, причем до самой пенсии.

Экологический риск, полученный после соответствующего расчета, составляет $4,395 \cdot 10^{-9}$ в год.

Таким образом, вероятность возникновения негативных воздействий, приведенная к 1 году экспозиции, при влиянии аммиака в рабочей зоне предприятий ЖБК составляет $4,395 \cdot 10^{-9}$ случаев в год, что значительно меньше уровня приемлемого риска.

Оценка экологического риска для работающих или живущих в помещениях из бетона. Подобная оценка может быть приблизительной, т.к. трудно оценить скорость эмиссии аммиака из цементосодержащих строительных конструкций в каждом конкретном случае. Можно предположить два механизма эмиссии аммиака из бетона: а) выделение аммиака в воздух помещений происходит максимально в начальной стадии и постепенно уменьшается до практически полного выделения аммиака из бетонных конструкций; б) аммиак выделяется с равномерной скоростью на протяжении всего срока службы конструкций. В обоих случаях зависимость количества выделенного аммиака от времени имеет линейный характер (рис. 1). Сравним экологические риски от эмиссии аммиака для указанных выше механизмов эмиссии.

В первом случае основная масса аммиака выделяется в течение короткого времени, приблизительно 1 час. Такой механизм больше характерен для производственных условий на предприятиях ЖБК. Воздействию подвергаются работники, непосредственно контактирующие с цементосодержащими композициями. Обычно это 5 – 10 человек, работающих на открытом воздухе либо в помещениях, где обеспечена вентиляция воздуха. Если обозначить концентрацию выделяющегося аммиака через C_1 , то экологический риск в соответствии с формулой (1) будет составлять

$28,73 \cdot 10^2 \cdot C_1$ случаев негативных последствий воздействий аммиака на человека в год.

Во втором случае предполагается, что аммиак выделяется равномерно в течение длительного времени. Предположим, что человек живет в данном поме-

щении 35 лет (выбрано время, сопоставимое со стажем работы). Концентрацию аммиака обозначим C_2 . Тогда согласно формуле (1) экологический риск составит $8,08 \cdot 10^2 \cdot C_2$ случаев негативных последствий воздействий аммиака на человека в год.

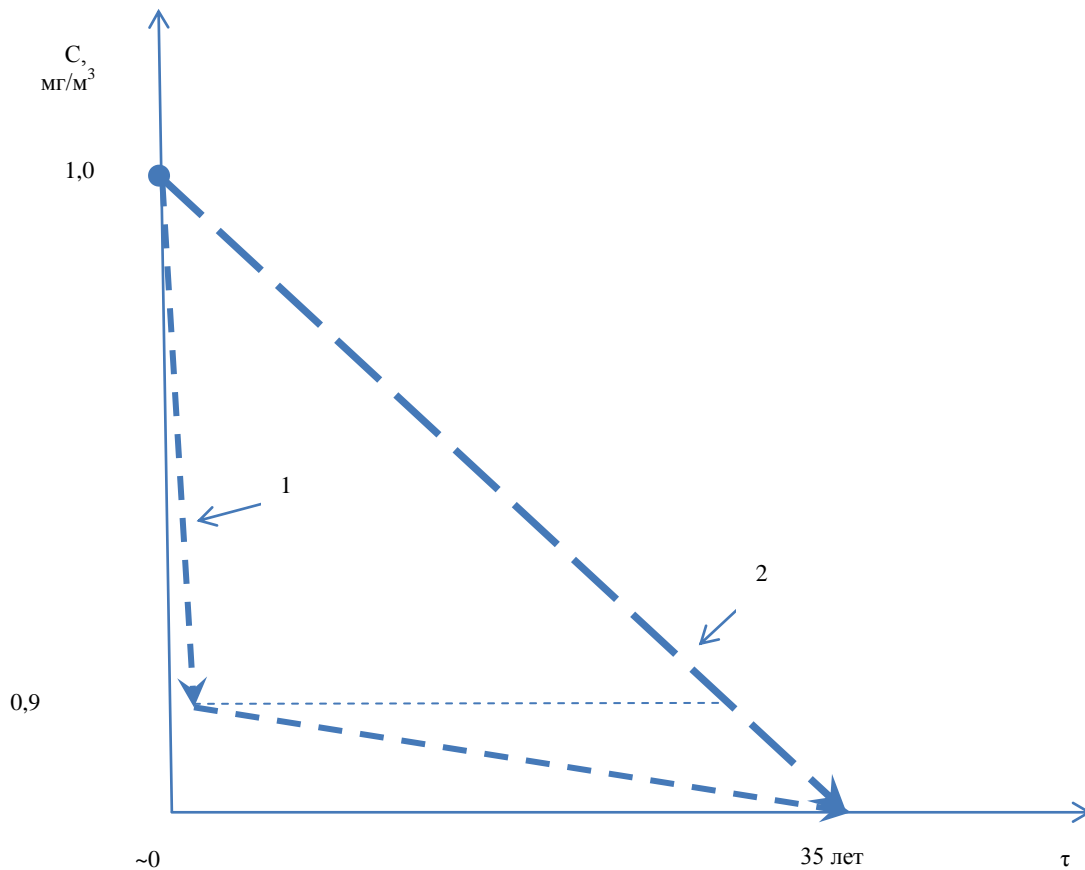


Рис. 1 – Схема механизмов эмиссии аммиака: 1 – эмиссия аммиака максимальна в начальный промежуток времени; 2 – эмиссия аммиака происходит равномерно в течение длительного времени.

Разницу между концентрациями в первом и втором случаях можно считать незначительной в силу малых количеств выделяющегося аммиака. Поэтому можно сопоставить значения рисков. Соотношение оценочных величин экологических рисков негативного воздействия аммиака на человека в жилых помещениях из бетонных конструкций составляет 3,56 раз.

Таким образом, оценка рисков от эмиссии аммиака при гидратации, твердении и эксплуатации цементосодержащих композиций и изделий из них показала, что в случае максимального выделения аммиака на начальных стадиях производственного процесса вероятность возникновения негативных последствий от воздействия аммиака на работников ЖБК выше в 3,5 раза, чем при нахождении человека в помещениях из цементосодержащих конструкций. Однако, риск на ЖБК является устранимым, а риск для людей в поме-

щениях – неустранимый. В то же время, при оценке экологического риска от эмиссии аммиака для работников предприятий ЖБК за длительный период работы в таких условиях расчетом установлено, что экологический риск от негативного воздействия не превышает уровня приемлемого риска. Кроме того, в необходимых случаях на ЖБК легко может быть организована местная вентиляция рабочих мест.

Список литературы

1. *Sivkov S. P., Kudysheva I. C. Ammonia emission from cement concretes / Sergey P. Sivkov, Irina C. Kudysheva // FIB – Sammlung von Beiträgen. – Weimar, Bundesrepublik Deutschland, 2015. – Band 2. – S. 973 – 977.*
2. *Шабанова Г. М. Влияние добавки азотнокислого кальция на эмиссию аммиака из цементного камня / [Г. Н. Шабанова, С. М. Логвинков, Т. В. Школьников и др.] // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного тра-*

нспорту. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 162. – С. 189 – 201.

3. Шиманов В. Н. Проблема эмиссии аммиака из железобетонных конструкций / В. Н. Шиманов // Современные проблемы науки и образования, 2012. – № 5. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/105-7025>. – Дата звертання: 21 березня 2016.
4. Robert F. Rathbone, Thomas L. Robl. *A Study of the Effects of Post-Combustion Ammonia Injection on Fly Ash Quality: Characterization of Ammonia Release from Concrete and Mortars Containing Fly Ash as a Pozzolanic Admixture*. University of Kentucky Center for Applied Energy Research. Final Report, 2001, p. 63.
5. Bai Z., Dong Y., Wang Z., Zhu T. *Emission of ammonia from indoor concrete wall and assessment of human exposure*. Environment International, 2006, vol. 32, no 3, pp. 303 – 311.
6. Ваганов П. А. Экологические риски / П. А. Ваганов, Им. Ман-Сунг. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. – 152 с.
7. Коваленко Г. Д. Оценка экологического риска при сжигании каменного угля на тепловых электростанциях Украины / Г. Д. Коваленко, А. В. Хабарова. – Ядерна енергетика та довілля, 2015. – № 1(5). – С. 63 – 68.

References (transliterated)

1. Sivkov S. P., Kudysheva I. C. Ammonia emission from cement concretes. *FIB - Sammlung von Beiträgen*. Weimar, Bundesrepublik Deutschland, 2015, Band 2, pp. 973 – 977.
2. Shabanova G. N., Logvinkov S. M., Shkol'nikova T. V., Shumeiko V. N. Vliyanie dobavki azotnokislogo kal'tsiya na emissiyu ammiaka iz tsementnogo kamnya [The influence of additive of calcium nitrate on ammonia emanation from cement stone]. *Zbirnik naukovikh*

prats' Ukraïns'kogo derzhavnogo universitetu zaliznichnogo transportu [Collected scientific works of Ukrainian State University of Railway]. – Kharkiv: UkrDUZT, 2016, no. 162, pp. 189 – 201.

3. Shimanov V. N. Problema emissii ammiaka iz zhelezobetonnykh konstruktсий [The problem of emission of ammonia from concrete structures]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012, no 5. Available at: <http://www.science-education.ru/105-7025>. (accessed 21.03.2016).
4. Robert F. Rathbone, Thomas L. Robl. *A Study of the Effects of Post-Combustion Ammonia Injection on Fly Ash Quality: Characterization of Ammonia Release from Concrete and Mortars Containing Fly Ash as a Pozzolanic Admixture*. University of Kentucky Center for Applied Energy Research. Final Report, 2001, p. 63.
5. Bai Z., Dong Y., Wang Z., Zhu T. *Emission of ammonia from indoor concrete wall and assessment of human exposure*. Environment International, 2006, vol. 32, no 3, pp. 303 – 311.
6. Vaganov P. A., Im. Man-Sung. *Ekologicheskie riski* [Environmental risks]. San-Peterburg, San-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet, 2001, 152 p.
7. Kovalenko G. D., Khabarova A. V. Otsenka ekologicheskogo riska pri szhiganiï kamennogo uglya na teplovykh elektrostantsiyakh Ukrainy [Assessment of environmental risk of coal burning at thermal power plants in Ukraine]. *Yaderna energetika ta dovkillya*. 2015, no 1(5), pp. 63 – 68.

Поступила (received) 07.11.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Порівняльний аналіз екологічних ризиків від емісії аміаку при виробництві та експлуатації бетонних виробів / С. М. Логвінков, Г. С. Попенко, Г. М. Шабанова, В. М. Шумейко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 48 (1269). – С. 58 – 62. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Сравнительный анализ экологических рисков от эмиссии аммиака при производстве и эксплуатации бетонных изделий / С. М. Логвинков, Г. С. Попенко, Г. Н. Шабанова, В. Н. Шумейко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 48 (1269). – С. 58 – 62. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Comparative environment risk analysis from ammonia emission in manufacture and operation of concrete items / S. M. Logvinkov, G. S. Popenko, G. N. Shabanova, V. N. Shumejko // Bulletin of NTU “KhPI”, Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – No 48 (1269). – P. 58 – 62. – Bibliogr.: 7 names. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Логвінков Сергій Михайлович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, професор кафедри природоохоронних технологій, екології та безпеки життєдіяльності; тел.: (057)758-77-08; e-mail: Sergii.logvinkov@m.hneu.edu.ua

Логвинков Сергей Михайлович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, профессор кафедры природоохранных технологий, экологии и безопасности жизнедеятельности; тел.: (057)758-77-08; e-mail: Sergii.logvinkov@m.hneu.edu.ua

Logvinkov Sergey Mikhailovich – Doctor of Technical Sciences (Dr. Sc.), Senior Researcher, Simon Kyznets Kharkov National University of Economics, Professor at the Department of Environmental Technologies, Ecology and Safety of Life; tel: (057)758-77-08; e-mail: Sergii.logvinkov@m.hneu.edu.ua

Попенко Галина Степанівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, доцент кафедри природоохоронних технологій, екології та безпеки життєдіяльності; тел.: (057)758-77-08; e-mail: galina.pgs@gmail.com

Попенко Галина Степановна – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, доцент кафедры природоохранных технологий, экологии и безопасности жизнедеятельности; тел.: (057)758-77-08; e-mail: galina.pgs@gmail.com

Popenko Galina Stepanovna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Simon Kyznets Kharkov National University of Economics, Associate Professor at the Department of Environmental Technologies, Ecology and Safety of Life; tel: (057)758-77-08; e-mail: galina.pgs@gmail.com

Шабанова Галина Миколаївна – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057)707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net

Шабанова Галина Николаевна – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057)707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net

Shabanova Galina Nikolaevna – Doctor of Technical Sciences (Dr. Sc.), Full Professor, National Technical University “Kharkov Polytechnic Institute”, Professor at the Department of Ceramics, Refractories, Glass and Enamels Technology; tel.: (057)707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net

Шумейко Віта Миколаївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», молодший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057)707-60-51; e-mail: shum-vita@ukr.net

Шумейко Вита Николаевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», младший научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057)707-60-51; e-mail: shum-vita@ukr.net

Shumeyko Vita Nikolaevna – National Technical University “Kharkov Polytechnic Institute”, Junior Research at the Department of Ceramics, Refractories, Glass and Enamels Technology; tel: (057)707-60-51; e-mail: shum-vita@ukr.net

