

УДК 502/504; 574

## **ВЛИЯНИЕ НАНОЖИДКОСТНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ НА ЭКОЛОГИЮ**

Николенко К.В. магистрант гр. мТМ-24, I курс  
Воронежский государственный технический университет,  
г. Воронеж

По мере расширения промышленного сектора растёт спрос на компактные устройства с улучшенными характеристиками. Поэтому для достижения устойчивого роста экономики необходимо уделять приоритетное внимание эффективному производству, преобразованию и потреблению энергии. Оборудование для передачи тепла является неотъемлемой частью почти всех устройств, которые потребляют или вырабатывают энергию, используемую в различных отраслях промышленности. Новые разработки сосредоточены на том, чтобы конструкции этих устройств были более компактными, должно происходить усовершенствование термоохлаждающих жидкостей с улучшенными тепловыми характеристиками, которые могут более эффективно передавать тепло [1-3]. К таким хладагентам относятся наножидкости. Наночастицы, взвешенные в жидкости, являются перспективным видом теплоносителя, привлекающие внимание исследователей благодаря своим улучшенным тепловым свойствам. Наножидкости – это смеси базовой жидкости с металлическими или неметаллическими частицами наноразмера, обычно имеющими размер от 1 до 100 нм [4]. Равномерно распределённые наночастицы позволяют улучшить тепловые свойства, что приводит к более эффективной теплопередаче в теплообменнике [5].

Улучшенная теплопередача с использованием наножидкостей приводит к повышению эффективности процесса теплообмена, что приводит к снижению потребления энергии для нагрева или охлаждения. Ранее применение наножидкостей рассматривалось с точки зрения улучшения процесса теплообмена и повышения эффективности теплопередачи. Хотя проведение оценки воздействия на окружающую среду необходимо практически для всех промышленных применений и видов деятельности, чтобы оценить их уровень экологичности. Однако в настоящее время мало внимания уделяется различным экологическим воздействиям наножидкостей в отношении их применения. Повышенная эффективность теплопередачи и улучшенные теплофизические свойства при использовании наножидкостей рассматривались ранее как экологические преимущества из-за повышения энергоэффективности, что приводило к уменьшению потребления энергии для определенной задачи [6]. Однако, мы должны брать во внимание то, что сама наножидкость имеет отрицательное воздействие на экологию.

Параметры наножидкости следует рассматривать как совокупность смеси базового потока и добавленных наночастиц. Следовательно, свойства

наножидкости зависят от свойств базовой жидкости и свойств наночастиц, соответственно. Несмотря на то, что доступно много видов базовой жидкости, вода является более распространенным видом теплоносителя, с рядом преимуществ, такими как доступность, нетоксичность, негорючесть, безопасность и простота в обращении. Поэтому большее отрицательное воздействие на окружающую среду оказывают наночастицы, растворенные в наножидкости.

Наночастицы могут быть как частицами природного происхождения, так и искусственно созданные человеком. В наножидкостных теплоносителях используются наночастицы техногенного происхождения.

Основными типами наночастиц, которые изучаются многими исследователями являются: наночастицы металлов (Cu, Al, Zn, Fe, Ag, Au и др.), оксиды металлов (CuO, ZnO, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и др.), оксиды неметаллов (SiO<sub>2</sub> и др.), комплексные соединения (сплавы, композиты, гибридные наножидкости и др., состоящие из двух и более компонентов) [7].

Наночастицы обычно изготавливаются из широкого спектра материалов, таких как металлические и неметаллические оксиды, углеродистый наноматериал, а также чистые металлы. В связи с этим большинство исходного материала наночастиц, такие как металлические оксиды (например, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CuO и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) и неметаллические оксиды (например, SiO<sub>2</sub>), относительно инертны в объеме, и их порошки можно оценить в соответствии со стандартными критериями загрязнения воздуха, связанными с твердыми частицами.

Очищение окружающей среды от наночастиц представляет серьезную проблему, так как они поглощаются растениями и переносятся ветром на огромные расстояния. Наночастицы оксида железа ускоряют движение в воздухе техногенного свинца. А наноразмерные частицы оксида алюминия препятствуют росту растений.

Также известно, что кремний вызывает силикоз при длительном воздействии, а также считается канцерогеном группы 1. Оксид меди, как известно, обладает высокой водной токсичностью, как острой, так и хронической, с долгосрочными эффектами.

В [8] указаны три основных механизма, посредством которых наночастицы TiO<sub>2</sub> оказывают токсическое воздействие на организмы: 1) генерация активных форм кислорода; 2) повреждение клеточной стенки и перекисное окисление липидов клеточной мембраны в результате прикрепления наночастиц к клеткам организма; 3) прикрепление наночастиц к биологическим макромолекулам и межклеточным органеллам.

Из-за специфических свойств, присущих наноматериалам, они имеют большую тенденцию подвергаться клеточному поглощению, что может привести к биоаккумуляции и, как следствие, к неблагоприятным последствиям, в том числе к токсическому воздействию. Наночастицы могут попадать в кровотоки и накапливаются в клетках, нарушая их функционирование. В наибольшей опасности находятся люди, работающие с наноматериалами [9].

Очень сложно предсказать концентрацию в окружающей среде различ-

ных наночастиц искусственного происхождения из-за неопределенностей в источниках выбросов и нагрузках, физико-химических свойствах и естественной изменчивости в экологических системах. Наночастицы могут выбрасываться атмосферу, перемещаться в воздух путем улетучивания или в почву и воду путем осаждения или разлива, затем попадают в биологические системы.

Наночастицы влияют на здоровье человека, вызывая воспаление, аллергию, генотоксичность и канцерогенность. Токсичность оказывает воздействие на репродуктивную систему, включая отрицательное воздействие на беременность и развитие плода, на центральную нервную и иммунную системы. Человек может подвергаться воздействию наночастиц различными путями: через пищеварительный тракт с водой и пищей, а также при вдыхании взвеси наночастиц.

Также экологическим эффектом таких токсичных характеристик наночастиц является антибактериальное воздействие, которое может привести к увеличению смертности организмов при сбросе наножидкостей в водные системы, что влияет на изменение процессов фотосинтеза, метаболизма и темпов роста таких организмов. Известно, что наноматериалы обладают большей химической активностью по сравнению с их макроразмерными аналогами. Это может приводить к спонтанным мутациям из-за образования аддуктов ДНК или сенсibilизации гаптена [10].

На данный момент нормативная база, регламентирующая безопасную работу с наноматериалами и утилизацию отходов в процессе их производства, не разработана, в результате чего в окружающую среду могут попадать самые разнообразные наночастицы. Одним из эффективных методов минимизации и устранения токсичности наноматериалов является использование более экологически чистых исходных материалов при их производстве. Также необходимо учитывать, что наночастицы сложно обрабатывать и удалять из различных потоков отходов, и, следовательно, они будут выбрасываться в окружающую среду. Применение наножидкостей увеличивается в связи с повышением энергоэффективности, связанной с интенсификацией процессов теплообмена. Это, в свою очередь, обеспечивает экологические и экономические преимущества за счет снижения потребления энергии для определенных задач. Однако есть некоторые другие экологические критерии, которые необходимо тщательно учитывать при использовании наножидкостей. Было обнаружено, что наночастицы, добавленные в базовую жидкость, оказывают множество экологических и токсичных воздействий. Поэтому необходимо проводить более глубокие исследования по проблеме влияния наножидкостей на окружающую среду и здоровье человека. Для любой используемой нанотехнологии должна быть произведена всесторонняя оценка безопасности с учетом свойств и специфики исследуемых частиц. Последствия взаимодействия многих наноразмерных частиц с химическими и органическими элементами непредсказуемы. Поэтому перед началом массового выпуска нового продукта производителю нужно изучить, как именно он влияет на окружающую среду

и здоровье человека. При исследовании должен быть рассмотрен весь цикл существования наножидкости – от её разработки до утилизации. Также следует убедиться в том, что для производства инновационного продукта используются максимально безопасное сырье, методы и приборы.

### Список использованной литературы:

1. Shivani S.C. Investigation on thermophysical properties, convective heat transfer and performance evaluation of ultrasonically synthesized Ag-doped TiO<sub>2</sub> hybrid nanoparticles based highly stable nanofluid in a mini channel / S.C. Shivani, P.B. Divya, A.B. Bharat // Thermal Sci. Eng. Progress. – 2021. – V. 25. – P. 100928.
2. Mazaheri N. Second law performance of a novel four-layer microchannel heat exchanger operating with nanofluid through a two-phase simulation / N. Mazaheri, M. Bahiraei, S. Razi // Powder. Technol. – 2022. – V. 396. – P. 673–688.
3. Jamshidmofid M. Efficacy of a novel graphene quantum dots nanofluid in a microchannel heat exchanger / M. Jamshidmofid, A. Abbassi, B. Mehdi // Appl. Therm. Eng. – 2021. – V. 189. – P. 116673.
4. Макеев А.Н. Проблемы и перспективы использования наножидкостей в теплоэнергетике / А.Н. Макеев, Я.А. Кирюхин // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2022. – № 49 (3). – С. 24–31.
5. Porgar S. Application of nanofluids in heat exchangers – A state-of-the-art review / S. Porgar, G. Huminic, A. Huminic, R. Najibolashrafi, S. Salehfehr // International Journal of Thermofluids. – 2024. – V. 24. – P. 100945.
6. Abdelkareem M.A. Environmental impacts of nanofluids: A review / M.A. Abdelkareem, K. Elsaid, T. Wilberforce, M. Kamil, E.T. Sayed, A. Olabi // Science of the Total Environment. – 2021. – V. 763. – P. 144202.
7. Великородная Ю.И. Наночастицы как потенциальный источник неблагоприятного воздействия на окружающую среду / Ю.И. Великородная, А.Я. Почепцов // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – № 3 (53). – С. 73–77.
8. Hougaard K.S. Developmental toxicity of engineered nanoparticles / K.S. Hougaard, B. Fadeel, M. Gulumian, V.E. Kagan, K.M. Savolainen // Reproductive and Developmental Toxicology Elsevier Inc. – 2011. – P. 269–290.
9. Oberdörster G. Toxicology of nanoparticles: A historical perspective / G. Oberdörster, V. Stone, K. Donaldson // Nanotoxicology. – 2007. V. 1. – P. 1–25.
10. Hartung T. Food and thought... on alternative methods for nanoparticle safety testing / T. Hartung // ALTEX. – 2010. – №. 27. – P. 87–95.