

**УДК 502.17: 502.15**

ХАРЛАМОВ Н. Р., аспирант (НИУ «МИЭТ»)  
г. Москва

## **ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАУКОГРАДОВ С РАЗВИТЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Развитие высокотехнологичных отраслей промышленности, в частности, производства микроэлектроники, сопровождается формированием значительной техногенной нагрузки на окружающую среду, что создает прямые угрозы экологической безопасности территории [1]. Особую актуальность эта проблема приобретает в наукоградах, где концентрация научно-производственного потенциала сочетается с проживающим населением, создавая комплексные экологические вызовы.

Целью данной работы является проведение инженерно-экологического анализа наукоградов (г. Зеленоград, г. Фрязино, г. Дубна и г. Обнинск), включая техногенную нагрузку на атмосферу и водные объекты от производства микроэлектроники. Основу анализа составляют данные производственного экологического мониторинга, проекты по нормированию выбросов и сбросов (ПДВ и ПДС), а также материалы генеральных планов городов, регламентирующих территориальное планирование.

Г. Дубна представляет собой наукоград в северной части Московской области, расположенный в 121 км от столицы на берегу Волги [2, 3]. Общая площадь территории составляет 63,15 км<sup>2</sup>, из которых примерно 25,328 км<sup>2</sup> занято лесными массивами, 8,46 км<sup>2</sup> – водной поверхностью, а 29,362 км<sup>2</sup> – прочими объектами инфраструктуры. Энергетический каркас города формируют семь котельных, вносящих значительный вклад в общую техногенную нагрузку на атмосферу. Ключевым элементом инфраструктуры города является особая экономическая зона «Дубна», включающая два обособленных участка №1 и №2. С экологической точки зрения значительное влияние на окружающую природную среду оказывает Объединенный институт ядерных исследований, а также предприятия микроэлектроники, среди которых: АО «ДМЗ им. Н.П. Федорова», АО «НПК «Дедал», ПАО «Приборный завод «Тензор», АО «НИИ «Атолл», ООО «НПО «Атом» и другие. Исторически существовавшие полигоны ТКО «Левобережный» и «Правобережный» в настоящее время выведены из эксплуатации и закрыты.

Градообразующей основой г. Фрязино является научно-промышленный комплекс, изначально созданный для разработки продукции оборонного и гражданского назначения [4]. Площадь территории города составляет 9 км<sup>2</sup>, из которых около 0,435 км<sup>2</sup> занято лесными массивами, 0,226 км<sup>2</sup> – водной поверхностью (включая русло реки Любасеевки, правого притока Вори), а 8,339 км<sup>2</sup> – прочими объектами инфраструктуры. Ключевым элементом развития выступает особая экономическая зона, концентрирующая ведущие предприятия микроэлектроники, такие как АО «НПП «Исток» им. А.И. Шокина», АО

«ФЗМТ», ФГУП СКБ Института радиотехники и электроники РАН, ООО «НТО «ИРЭ-Полюс», АО «НПП «Циклон-Тест», АО «НИИ «Платан» с заводом при НИИ и другие. Теплоснабжение научно-производственного и жилого комплексов обеспечивается семью котельными, эксплуатируемыми АО «Теплосеть Фрязино».

Градообразующим ядром г. Обнинск является научно-промышленный комплекс, созданный для разработки продукции на ключевых направлениях отечественной микроэлектроники [5]. Площадь территории составляет 50,15 км<sup>2</sup>, из которых примерно 17,3 км<sup>2</sup> занимают лесные массивы, 0,097 км<sup>2</sup> – водная поверхность, а 32,753 км<sup>2</sup> – объекты инфраструктуры. Инновационная экосистема города представлена «Индустриальным парком «Обнинск», двумя участками Технопарка, а также промышленными зонами «Мишково» и «Новая инновационная зона», где сосредоточены ведущие предприятия микроэлектроники, включая АО «Обнинское производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашкина», ПАО «Сигнал», ООО «Техпро», ЗАО «ОбнинскЭнергоТех», ООО НПП «Метра» и другие. Помимо микроэлектроники, промышленный профиль города дополняется развитыми отраслями, такими как фармацевтика, производство полимерных труб, стройматериалов и металлоконструкций и пищевая промышленность. Одним из главных природных компонентов данного города является река Протва (левый приток Оки, длина — 282 км), выполняющая функцию главного приемника сточных вод. Энергетическая инфраструктура отличается децентрализованным характером: централизованное теплоснабжение основной части города обеспечивает МП «Теплоснабжение», тогда как остальные источники теплоснабжения обслуживают отдельные районы и промышленные зоны. Локальные котельные обеспечивают теплом преимущественно собственные производственные территории и прилегающие объекты.

Г. Зеленоград представляет собой крупный центр высокотехнологичной промышленности со специализацией в микроэлектронике, площадь которого составляет 38,6 км<sup>2</sup>, из которой порядка 11,48 км<sup>2</sup> занимают лесные массивы, 0,25 км<sup>2</sup> – водные поверхности, и 26,87 км<sup>2</sup> – прочие объекты инфраструктуры [1]. Промышленно-производственный каркас сформирован пятью промышленными зонами: «Южная», «Северная», «Восточная», «Алабушево» и «Малино». Именно здесь сосредоточены ведущие предприятия микроэлектроники, такие как АО «Микрон», АО «Ангстрем», ООО «НМ-Тех», АО «Завод Протон», АО «ПКК Миландр», АО НПЦ «Элвис» и другие. Главной водной артерией города является река Сходня, протекающая через всю его территорию. Водосборный бассейн данной реки имеет площадь 259 км<sup>2</sup> при среднем расходе воды 1,8 м<sup>3</sup>/с. Теплоснабжение селитебных и промышленных зон обеспечивается четырьмя районными тепловыми станциями (РТС-1 – РТС-4).

Анализ сбросов сточных вод от производств микроэлектроники выявил существенные различия в техногенной нагрузке на водные объекты в исследуемых городах: наибольшие сбросы наблюдаются в г. Обнинск и составляют почти 260 т/год, что значительно превышает показатели г.

Зеленоград (около 68 т/год) и г. Дубна (36 т/год), в то время как в г. Фрязино сбросы минимальны и не превышают 4 т/год. Такая значительная разница свидетельствует о кардинальных различиях в масштабах производства и в организации систем водопользования между этими территориями.

Анализ структуры техногенной нагрузки на атмосферу подтверждает доминирующую роль автотранспорта во всех исследуемых городах, где его вклад варьируется от 56% в г. Дубна до 87% в г. Обнинск, что отражено на рисунке 1. При этом производство микроэлектроники создает наиболее значительную техногенную нагрузку в г. Зеленоград и г. Фрязино с показателями 18 и 14 % соответственно. В г. Дубна основным источником загрязнения атмосферы выступают прочие стационарные источники с долей 40%, что объясняется наличием на территории города значительного количества объектов теплоэнергетики, использующих в качестве основного топлива природный газ, а мазут и дизельное топливо – в качестве резервных энергоносителей.

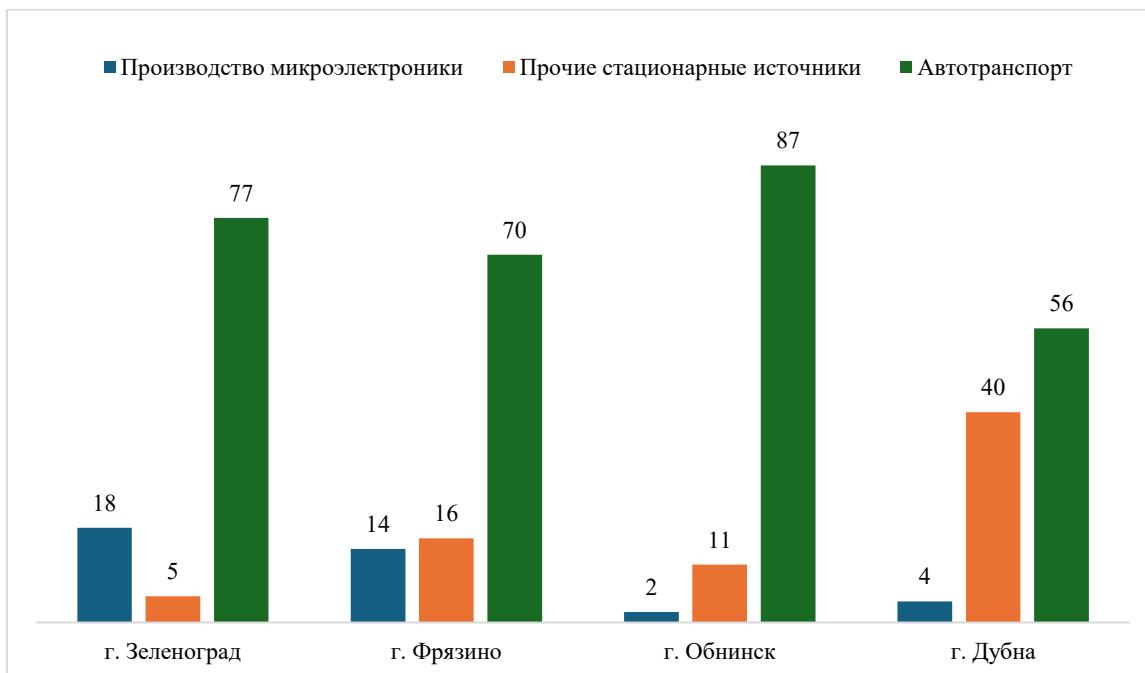


Рисунок 1. Долевой вклад различных источников в загрязнение атмосферы, %

**Выводы:** проведенный инженерно-экологический анализ четырех городов выявил существенные различия в их территориальной организации и структуре техногенного воздействия. Наибольшая доля озелененных территорий характерна для г. Дубна, где лесные массивы занимают около 40% площади, тогда как в г. Фрязино этот показатель минимален и составляет менее 5%.

Анализ техногенной нагрузки на атмосферу выявил доминирующую роль автотранспорта во всех исследуемых городах, где его вклад варьируется от 56% в г. Дубна до 87% в г. Обнинск. Производство микроэлектроники создает наиболее значительную техногенную нагрузку на атмосферу в г. Зеленоград – 18% и г. Фрязино – 14%. В г. Дубна наблюдается специфическая структура техногенной нагрузки на атмосферу, характеризующаяся преобладанием

стационарных источников выбросов загрязняющих веществ, доля которых достигает 40%, при этом основную часть составляют объекты теплоэнергетики.

Анализ сбросов сточных вод в водные объекты выявил существенные различия между городами: максимальный объем сбросов наблюдается в г. Обнинск – 260 т/год, что значительно превышает показатели других городов, особенно г. Фрязино, где сбросы составляют всего 4 т/год.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании природоохранных мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности городов с развитым производством микроэлектроники.

#### Список литературы:

1. Харламов, Н. Р. Методика оценки влияния микроэлектронного производства на экологическую безопасность научно-технической системы / Н. Р. Харламов, А. С. Рябышевков, В. И. Каракеян // Южно-Сибирский научный вестник. – 2025. – № 2(60). – С. 25-31. – DOI 10.25699/SSSB.2025.60.2.002.
2. Рунова, Е. Ю. Оценка состояния атмосферного воздуха как фактора формирования экологических рисков на территории Дубны / Е. Ю. Рунова, О. А. Савватеева, О. А. Макаров // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 3. – С. 45-50. – DOI 10.24412/1816-1863-2020-13045.
3. Каманина, И. З. Экологическое состояние г. Дубны Московской области / И. З. Каманина // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия: Естественные и инженерные науки. – 2016. – № 2(34). – С. 17-24.
4. Безпалов, В. В. Совершенствование механизмов территориального планирования наукоградов в условиях реализации политики импортозамещения (на примере наукограда Фрязино) / В. В. Безпалов, А. В. Жилик // Молодой ученый. – 2016. – № 25(129). – С. 241-246.
5. Аракелян, А. А. Анализ рисков для здоровья населения Обнинска от воздействия выбросов вредных веществ в атмосферу / А. А. Аракелян, М. В. Ведерникова, А. А. Киселев [и др.] // Проблемы анализа риска. – 2018. – Т. 15, № 5. – С. 26-37. – DOI 10.32686/1812-5220-2018-15-5-26-37.

**Аннотация.** В работе представлен инженерно-экологический анализ четырех наукоградов (г. Зеленоград, г. Фрязино, г. Дубна, г. Обнинск), характеризующихся развитым производством микроэлектроники. Наибольшая концентрация предприятий данной отрасли отмечается в г. Зеленоград и г. Фрязино, где производственные зоны занимают значительную часть городской территории.

Анализ структуры техногенной нагрузки на атмосферу показал преобладание автотранспорта во всех исследуемых городах, где его долевой вклад варьируется от 56% до 87%. Наибольшая техногенная нагрузка от производства микроэлектроники наблюдается в г. Зеленоград (18%) и г. Фрязино (14%). Спецификой г. Дубна является значительное преобладание стационарных источников выбросов загрязняющих веществ, доля которых достигает 40%, что

обусловлено наличием на территории города многочисленных объектов теплоэнергетики. Техногенная нагрузка на водные объекты, формируемая сбросами сточных вод производств микроэлектроники, варьируется от 4 т/год в г. Фрязино до 260 т/год в г. Обнинск.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке природоохранных мероприятий и организации системы экологического мониторинга территорий с развитым высокотехнологичным производством.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, техногенная нагрузка, инженерно-экологический анализ, производство микроэлектроники, окружающая среда.