

УДК 630*502.3

Семенов Евгений Александрович, аспирант, Уральский государственный лесотехнический университет. 620100 Екатеринбург, Сибирский тракт 37

Чиши Татьяна Сергеевна, аспирант Уральский Лесотехнический Университет. 620100 Екатеринбург, Сибирский тракт 37

**ТЕХНОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ
МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

Аннотация

в статье рассмотрены основные техногенные источники химического загрязнения водных объектов, возникающие при эксплуатации транспортных машин лесного комплекса. Проанализированы основные виды загрязняющих веществ, включая нефтепродукты, соединения тяжелых металлов и взвешенные вещества, а также пути их поступления в водную среду. Рассмотрены последствия химического загрязнения для водных экосистем и современные подходы к снижению негативного воздействия лесной техники на водные объекты. Статья носит обзорный характер и направлена на систематизацию научных данных по рассматриваемой проблеме.

Annotation

the article considers the main technogenic sources of chemical pollution of water bodies arising from the operation of transport machines in the forest sector. The main types of pollutants entering the aquatic environment, including petroleum products, heavy metal compounds and suspended solids, as well as pathways of their migration into water bodies are analyzed. The effects of chemical pollution on aquatic ecosystems and current approaches aimed at reducing the negative impact of forest transport machines on water bodies are discussed. The article is of a review nature and is aimed at systematizing scientific data on the problem under consideration.

Ключевые слова: транспортные машины лесного комплекса, водные объекты, химическое загрязнение, техногенные источники, нефтепродукты, тяжелые металлы, экологическая безопасность.

Keywords: forest transport machines, water bodies, chemical pollution, technogenic sources, petroleum products, heavy metals, suspended solids, environmental safety.

Введение

Развитие лесного комплекса сопровождается активным использованием транспортных машин, обеспечивающих лесозаготовительные и транспортные процессы. Эксплуатация такой техники сопряжена с техногенным воздействием на окружающую среду, в том числе на водные объекты.

Одним из значимых экологических рисков является химическое загрязнение водной среды, обусловленное утечками горюче-смазочных материалов, продуктами износа техники и миграцией загрязняющих веществ с лесовозных дорог и технологических площадок. Поступление этих веществ в водные объекты может приводить к ухудшению качества воды, нарушению гидрохимических процессов и снижению устойчивости водных экосистем.

Целью работы является обзор и систематизация техногенных источников химического загрязнения водных объектов при эксплуатации транспортных машин лесного комплекса [1, 2].

Методологическую основу исследования составили методы анализа, сравнения и систематизации отечественных и зарубежных научных публикаций по рассматриваемой проблеме [1–15].

Научная новизна работы состоит в комплексном обобщении современных представлений о техногенных источниках формирования химического загрязнения водных объектов, путях миграции загрязнителей и подходах к снижению экологической нагрузки.

1. Техногенные источники химического загрязнения

Основными источниками химического загрязнения водных объектов при эксплуатации транспортных машин лесного комплекса являются эксплуатационные утечки горюче-смазочных материалов, продукты износа машин, а также загрязняющие вещества, мигрирующие с объектов транспортной инфраструктуры (Таблица 1).

1.1 Эксплуатационные утечки горюче-смазочных материалов

Существенным источником формирования химического загрязнения являются утечки топлива, моторных масел и гидравлических жидкостей, возникающие в процессе эксплуатации и обслуживания техники. Их попадание в почву и далее в водные объекты возможно при аварийных разливах, нарушении герметичности систем и на площадках обслуживания машин.

Нефтепродукты ухудшают кислородный режим воды, изменяют ее физико-химические свойства и оказывают токсическое воздействие на гидробионты [4, 10].

1.2 Продукты износа и техногенные примеси

Источником загрязнения являются продукты механического и коррозионного износа деталей машин, содержащие соединения железа, меди, цинка и других металлов. Дополнительное загрязнение создают остатки технических жидкостей и химические компоненты эксплуатационных материалов [6, 7].

1.3 Лесовозные дороги и технологические площадки

Лесовозные дороги и площадки эксплуатации техники служат источниками накопления нефтепродуктов, взвешенных веществ и химических примесей, которые с поверхностным стоком поступают в водные объекты [5, 8, 14].

Таблица 1 — Основные техногенные источники химического загрязнения.

Table 1 — Main Technogenic Sources of Chemical Pollution.

Источник загрязнения.	Основные загрязняющие вещества.	Пути поступления в водные объекты.
Утечки горюче-смазочных материалов.	Нефтепродукты, углеводороды, компоненты масел.	Поверхностный сток, инфильтрация, прямое поступление.
Продукты износа транспортных машин.	Железо, медь, цинк, свинец, микрочастицы износа.	Смыв с поверхностным стоком, перенос с наносами.
Лесовозные дороги и технологические трассы.	Взвешенные вещества, нефтепродукты, адсорбированные токсиканты.	Эрозионный вынос, поверхностный сток.
Технологические площадки и стоянки техники.	Топливо, масла, гидравлические жидкости.	Локальный сток, инфильтрация.
Ремонт и техническое обслуживание машин.	Технические жидкости, химические реагенты, продукты коррозии.	Поверхностный сток, почвенно-грунтовая миграция.

2. Основные виды загрязняющих веществ

Среди загрязняющих веществ, поступающих в водную среду при эксплуатации транспортных машин лесного комплекса, наиболее значимыми являются нефтепродукты, тяжелые металлы и взвешенные вещества.

2.1 Нефтепродукты

Нефтепродукты являются одной из основных групп загрязнителей, поступающих в водные объекты при утечках топлива и масел. Особую экологическую опасность представляют ароматические углеводороды и полициклические ароматические соединения [4, 10].

2.2 Тяжелые металлы

В результате износа деталей машин в окружающую среду могут поступать соединения железа, меди, цинка и свинца, способные накапливаться в донных отложениях и водных организмах [7].

2.3 Взвешенные вещества и технические примеси

С поверхностным стоком в водные объекты поступают минеральные частицы, продукты эрозии, микрочастицы техногенного происхождения и компоненты технических жидкостей, влияющие на качество воды.

3. Пути миграции и поступления загрязняющих веществ в водные объекты.

Поступление загрязняющих веществ в водные объекты происходит несколькими основными путями.

3.1 Поверхностный сток

Основным механизмом поступления загрязнителей является поверхностный сток, обеспечивающий перенос нефтепродуктов, взвешенных веществ и продуктов износа техники с лесовозных дорог и эксплуатационных площадок [8, 9, 14].

Для ориентировочной оценки выноса загрязняющих веществ в водные объекты может использоваться зависимость:

$$M = CQt$$

Где:

M — масса поступившего загрязняющего вещества, кг;

C — концентрация загрязняющего вещества в стоке, кг/м³;

Q — расход поверхностного стока, $\text{м}^3/\text{с}$;

t — время поступления загрязняющего вещества, с.

Данная зависимость позволяет оценивать потенциальную нагрузку загрязняющих веществ на водные объекты при различных условиях эксплуатации транспортных машин лесного комплекса.

3.2 Инфильтрационный перенос

Часть загрязняющих веществ мигрирует через почвенно-грунтовую среду, поступая в грунтовые и далее в поверхностные воды.

3.3 Перенос с взвешенными наносами

Соединения металлов и гидрофобные органические загрязнители способны переноситься с почвенными частицами и накапливаться в донных отложениях.

4. Воздействие химического загрязнения на водные объекты

Воздействие загрязняющих веществ проявляется в изменении гидрохимических и экологических характеристик водных объектов и функционирования водных экосистем.

4.1 Изменение гидрохимических показателей

Загрязнение может сопровождаться изменением содержания растворенного кислорода, мутности, кислотности среды и ухудшением процессов самоочищения водных объектов [10, 15].

4.2 Токсическое и экосистемное воздействие

Нефтепродукты и тяжелые металлы способны оказывать токсическое действие на гидробионты, снижать биоразнообразие и нарушать экологическую устойчивость водных экосистем [7, 13, 15].

5. Подходы к снижению химического загрязнения

Минимизация химической нагрузки на водные объекты возможна при комплексном применении технических, организационных и природоохранных мер.

5.1 Технические и организационные меры

К числу основных мер относятся повышение герметичности машин, применение экологически безопасных смазочных материалов, своевременное техническое обслуживание, соблюдение требований эксплуатации техники в водоохраных зонах и снижение риска аварийных разливов [11, 12].

5.2 Природоохранные меры и мониторинг

Важную роль играют буферные защитные полосы, противоэрозионные мероприятия, ограничение поверхностного стока, а также экологический мониторинг состояния водных объектов.

Заключение

Эксплуатация транспортных машин лесного комплекса сопровождается формированием комплекса техногенных источников химического загрязнения водных объектов. Основными загрязнителями являются нефтепродукты, соединения тяжелых металлов и взвешенные вещества, поступающие в водную среду преимущественно за счет поверхностного стока и миграционных процессов.

Химическое загрязнение оказывает негативное воздействие на гидрохимическое состояние водных объектов и устойчивость водных экосистем. Снижение техногенной нагрузки возможно на основе комплексного сочетания технических, организационных и природоохранных мероприятий.

Анализ литературных данных показывает, что наибольший вклад в формирование химического загрязнения водных объектов вносят нефтепродукты и диффузный перенос загрязняющих веществ поверхностным стоком.

Перспективным направлением снижения экологической нагрузки представляется применение биоразлагаемых смазочных материалов, совершенствование экологических требований к лесной технике и развитие систем экологического мониторинга.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования результатов обзора при разработке природоохранных мероприятий по снижению химического загрязнения водных объектов в лесном комплексе.

Литература

1. Анисимов Г.Б. Экологическая безопасность лесозаготовительного производства. М., 2018.
2. Бартенев И.М., Драпалюк М.В. Лесные машины и экологические аспекты их применения. Воронеж, 2019.
3. Мартынов А.Н., Григорьев И.В. Воздействие лесотранспортных машин на окружающую среду // Лесотехнический журнал. – 2020. – № 4.
4. Кунин А.А., Иванов В.А. Загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами // Экология и промышленность России. – 2019.
5. Воробьев Н.В., Соколов А.П. Экологические последствия эксплуатации лесовозных дорог // Лесной журнал. – 2021.
6. Перелыгин В.Н. Техногенное воздействие транспортных систем на водные экосистемы. СПб., 2017.
7. Глазырин Ю.А., Морозова Е.С. Миграция тяжелых металлов в системе «почва–вода» // Водные ресурсы. – 2020.
8. Best C., Luce C., Elliot W. Management activities and watershed responses in forest ecosystems. Forest Ecology and Management, 2001.
9. Gomi T., Sidle R.C. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. BioScience, 2002.
10. Grace J.M. Forest operations and water quality in the United States. Environmental Pollution, 2005.
11. Aust W.M., Blinn C.R. Forestry best management practices for water quality protection. Forest Ecology and Management, 2004.

12. Rashin E.B. et al. Effectiveness of forestry best management practices. JAWRA, 2006.
13. Trombulak S.C., Frissell C.A. Ecological effects of roads. Conservation Biology, 2000.
14. Fu B. et al. Impacts of forest roads on hydrology and water quality. Earth-Science Reviews, 2010.
15. Allan J.D. Landscapes and riverscapes. Annual Review of Ecology, 2004.

Literature

1. Anisimov G.B. Environmental Safety of Logging Production. Moscow: Moscow State Forest University Publ., 2018. 256 P.
2. Bartenev I.M., Drapalyuk M.V. Forest Machines and Environmental Aspects of Their Application. Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies Publ., 2019. 312 P.
3. Martynov A.N., Grigoriev I.V. Environmental impact of forest transport machines. Forestry Engineering Journal, 2020, no. 4, P. 85–94.
4. Kunin A.A., Ivanov V.A. Surface water pollution by petroleum products and methods of control. Ecology and Industry of Russia, 2019, vol. 23, no. 6, P. 42–47.
5. Vorobyev N.V., Sokolov A.P. Environmental consequences of forest road operation. Forestry Journal, 2021, no. 2, P. 134–145.
6. Pereygin V.N. Technogenic Impact of Transport Systems on Aquatic Ecosystems. Saint Petersburg: Lan Publ., 2017. 280 P.
7. Glazyrin Yu.A., Morozova E.S. Migration of heavy metals in the soil–water system. Water Resources, 2020, vol. 47, no. 3, P. 325–334.
8. Best C., Luce C., Elliot W. Management activities and watershed responses in forest ecosystems. Forest Ecology and Management, 2001, vol. 143, P. 169–185.
9. Gomi T., Sidle R.C., Richardson J.S. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. BioScience, 2002, vol. 52(10), P. 905–916.

10. Grace J.M. Forest operations and water quality in the United States. *Environmental Pollution*, 2005, vol. 133, P. 27–38.
11. Aust W.M., Blinn C.R. Forestry best management practices for water quality protection. *Forest Ecology and Management*, 2004, vol. 143, P. 219–224.
12. Rashin E.B., Graber B.E., Harper D.M. Effectiveness of forestry best management practices for protecting water quality // *Journal of the American Water Resources Association*,. – 2006. – P. 513–523.
13. Trombulak S.C., Frissell C.A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities // *Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conservation Biology*,. – 2000. – T. Vol. 14, № No. 1. – P. 18–30.
14. Fu B., Newham L.T.H., Ramos-Scharrón C.E. Impacts of forest roads on hydrology and water quality. *Earth-Science Reviews*, 2010, vol. 102, P. 1–15.
15. Allan J.D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2004, vol. 35, P. 257–284.