

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ И ОЦЕНКЕ ИХ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА И БИОСФЕРУ**

© 2017 А.В. Васильев

Самарский научный центр РАН

Статья поступила в редакцию 02.12.2017

Смазочно-охлаждающие жидкости широко используются как в промышленности, так и в быту. В результате их воздействия происходит загрязнение окружающей среды, в частности атмосферы и почвы. Особую опасность представляет токсическое воздействие. Предложены методологические подходы к классификации смазочно-охлаждающих жидкостей и методика оценки их токсикологического воздействия на человека и биосферу.

*Ключевые слова:* смазочно-охлаждающие жидкости, классификация, токсикологическое воздействие, человек, биосфера.

*Работа выполнена в рамках государственного задания, тема НИР  
«Разработка и апробация теоретических основ мониторинга  
токсикологических загрязнений окружающей среды»*

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) обладают высокой степенью токсичности и представляют серьезную опасность как для здоровья человека, так и для окружающей среды [1-8].

В результате использования СОЖ происходит загрязнение окружающей среды, в частности атмосферы и почвы. При утилизации отработанных СОЖ происходит просачивание смазочных материалов в экосистему и загрязнение ее экологически опасными компонентами: полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ); полидифенилами, в основном полихлордифенилами (ПХД) антропогенного происхождения; серо- и хлорсодержащими присадками и др. Все они распространяются в атмосфере, воде, почве, попадают в пищевые цепи и продукты питания.

Смазочно-охлаждающие жидкости оказывают негативное воздействие на организм человека как в условиях производства, так и в быту в результате непосредственного контакта с кожным покровом или контакта через одежду, пропитанную СОЖ, а также в результате поступления паров, аэрозолей, конденсата СОЖ в организм человека через дыхательную систему. В результате длительного контакта со смазочно-охлаждающими жидкостями у человека могут возникать гиперкератоз, масляные папилломы, гранулемы, фолликулиты, дерматиты, редко экземы, возможно появление полиневритов, воз-

никновение злокачественных образований, в т.ч. рак кожи и легких

Следует отметить, что СОЖ широко используются как в промышленности, так и в бытовых условиях, например, антифризы (тосола), используемые в качестве охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания и в качестве рабочей жидкости других теплообменных аппаратах, эксплуатируемых при низких и умеренных температурах. При работе с антифризами (тосолами) выделяется этиленгликоль, который обладает ядовитым и наркотическим действием, способен проникать в организм через кожу, вызывая хроническое отравление организма человека с поражением жизненно-важных органов: сосудов, почек, нервной системы.

В настоящей статье представлены методологические подходы к классификации СОЖ и разработанная методика оценки их токсикологического воздействия на человека и окружающую среду.

**2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ**

Проведенный анализ показал, что с целью определения взаимозаменяемости отечественных и зарубежных СОЖ как правило используются следующая физико-химическая классификация смазочно-охлаждающих жидкостей и соответствующие основные классификационные обозначения, представленные в таблице 1.

Основные классификационные обозначения дополняют индексами, которые указывают на

*Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, начальник отдела инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: avassil62@mail.ru*

**Таблица 1.** Основные классификационные обозначения СОЖ

Тип СОЖ	Обозначение
<b>Водосмешиваемые</b>	<b>В</b>
Образующие в воде эмульсии: - грубые дисперсии - микроэмульсии	Э Э1 Э2
Дающие прозрачные растворы на основе: - органических веществ - неорганических веществ - смеси органических и неорганических веществ	Р Р1 Р2 Р3
<b>Масляные:</b> I группы вязкости; $v_{50} = 1-9$ мм <sup>2</sup> /с ( $v_{40} = 2-12$ мм <sup>2</sup> /с), группы вязкости по ISO - 2,3,5,7,10 II группы вязкости; $v_{50} = 10-20$ мм <sup>2</sup> /с ( $v_{40} = 13-20$ мм <sup>2</sup> /с), группы вязкости по ISO - 3,15,22 III группы вязкости; $v_{50} > 20$ мм <sup>2</sup> /с ( $v_{40} > 30$ мм <sup>2</sup> /с), группы вязкости по ISO - 32,46,68,100	М М1 М2 М2

отсутствие или присутствие присадок, усиливающих смазочные свойства СОЖ, уровень легирования присадками, растворимость присадок в маслах или воде, класс по химической природе и активность по отношению к меди. Классификационные обозначения дополнительных компонентов СОЖ представлены в таблице 2.

Существует также международный стандарт ISO 6743/7 «Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты [класс L, группа M (металлообработка)]». В табл. 3 приведено соответствие систем классификации СОЖ по международному стандарту и предложенной УкрНИИ НП «МАСМА» (г. Киев).

Предлагаемая классификация достаточно универсальна и применима для всех видов СОЖ. Данная система классификационной индексации обеспечивает информационную совместимость разрабатываемых смазочно-охлаждающих технологических средств. Однако данная классификация не учитывает токсикологических характеристик СОЖ и не отражает влияние СОЖ на человека и окружающую среду.

### **3. АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ**

Физико-химические свойства СОЖ оказывают существенное влияние на процессы обработки материалов. Совокупность данных свойств в значительной степени определяет качество СОЖ. К основным свойствам, характеризующим физическое состояние СОЖ, относят:

- внешний вид, который дает информацию о состоянии СОЖ и характеризует консистенцию, цвет и прозрачность;

- кинематическую вязкость, свидетельствующую о консистенции и подвижности продукта. Данная информация необходима для выбора технологических операций, на которых может быть использована рассматриваемая СОЖ, а также решения вопросов заполнения емкостей для ее транспортирования к месту потребления.

К свойствам, характеризующим способность СОЖ к химическим превращениям, относят:

- растворимость (характеризует способность СОЖ образовывать раствор с другим веществом);

- содержание хлора;

- водородный показатель pH (характеризует реакцию водной среды);

- склонность к пенообразованию (характеризует предполагаемый объем пены на рабочем месте при эксплуатации СОЖ);

- коррозионную агрессивность СОЖ, проявляющуюся в разрушении поверхности металлических заготовок химическими или электрохимическими процессами.

Токсичность характеризует совокупность свойств СОЖ, определяющих вероятность вредного воздействия на организм человека. При этом следует учитывать длительное воздействие СОЖ на организм, поскольку рабочие работают в контакте с СОЖ минимум 8 часов в день. Были выделены следующие токсикологические характеристики СОЖ: раздражающее действие на глаза; кожно-резорбтивное действие; сенсбилизирующее действие; токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ, токсичность при внутривенном введении.

Таблица 2. Классификационные обозначения дополнительных компонентов СОЖ

Характеристика дополнительных компонентов СОЖ	Классификационное обозначение
Отсутствие или присутствие присадок	<b>О</b> - отсутствие присадки <b>П</b> - присутствие присадки <b>ПМ</b> - маслорастворимые присадки <b>ПМ</b> - маслорастворимые присадки, активные по отношению к меди <b>ПВ</b> - водорастворимые присадки <b>ПМВ</b> - масловодорастворимые присадки <b>ПН</b> - масловодонерастворимые присадки (добавки, наполнители)
Степень легирования присадками, усиливающими смазочные свойства	<b>1</b> - до 5 % (мас. доля) - невысокая <b>2</b> - 5-10 % (мас. доля) - умеренная <b>3</b> - 10-30 % (мас. доля) - высокая <b>4</b> - более 30 % (мас. доля) - очень высокая
Класс присадок по химической природе	<b>а</b> - животные жиры, растительные масла, синтетические сложные эфиры, органические кислоты <b>б</b> - галогеносодержащие <b>в</b> - серосодержащие <b>г</b> - фосфорсодержащие <b>д</b> - азотсодержащие <b>е</b> - содержащие другие активные элементы <b>ж</b> - комплексные металлоорганические соединения <b>з</b> - растворимые в маслах или воде полимеры <b>и</b> - органические наполнители <b>к</b> - неорганические наполнители <b>л</b> - другие химические соединения
Примеры классификационного обозначения СОЖ	
<b>Э1.ПМ2абв</b> - концентрат водосмешиваемого СОТС, образующего в воде грубые дисперсии, активного по отношению к меди, содержащего 5-10 % (мас. доля) маслорастворимых жировых добавок, галогено- и серосодержащих присадок;	
<b>М3.ПМ3абг</b> - неактивное высоковязкое масляное СОТС с высоким содержанием жиров, галогенно – и фосфорсодержащих присадок.	

#### 4. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА И БИОСФЕРУ

Обобщение токсикологических характеристик смазочно-охлаждающих жидкостей позволяет сопоставить разные марки СОЖ на основе их балльно-рейтингового ранжирования. Данный метод позволяет комплексно оценивать токсичность каждой СОЖ, основываясь на наборе и последующем суммировании баллов по установленным качественным показателям.

При этом за составляющие балльной оценки токсичности смазочно-охлаждающих жид-

костей приняты следующие токсикологические характеристики СОЖ:

- раздражающее действие на глаза;
- кожно-резорбтивное действие;
- сенсibiliзирующее действие;
- токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ;
- токсичность при внутрижелудочном введении.

При этом вклад в оценку экологической безопасности СОЖ токсичные вещества, выделяемые при их эксплуатации, производили по наиболее высокому классу опасности.

Балльная градация распределена следующим образом: классы токсичности веществ, выделяемых при эксплуатации СОЖ, оцениваются по четырехбалльной шкале, а токсикологиче-

**Таблица 3.** Сопоставление систем классификации СОЖ для обработки металлов

Международный стандарт ISO 6743/7		Система классификации УкрНИИ НП "МАСМА"				
Категория продуктов	Класс L, группа М	Индексация по физико-химической природе присадок	Индексация по степени легирования			
			П1	П2	П3	П4
<b>Масляные СОЖ</b>						
с антикоррозионными свойствами	МНА	М1.0*	-	-	-	-
		М2.0*				
		М3.0*				
типа МНА с антифрикционными свойствами	МНВ	М1.Па	М1.П1а	М1.П2а	М1.П3а	М1.П4а
		М2.Па	М2.П1а	М2.П2а	М2.П3а	М2.П4а
		М3.Па	М4.П1а	М4.П2а	М4.П3а	М4.П4а
типа МНА с противозадирными свойствами (химически неактивная)	МНС	М1.Пбвг	М1.П1бв г	М1.П2бвг	М1.П3бв г	М1.П4бв г
		М2.Пбвг	М2.П1бв г	М2.П2бвг	М2.П3бв г	М2.П4бв г
		М3.Пбвг	М3.П1бв г	М3.П2бвг	М3.П3бв г	М3.П4бв г
типа МНА с противозадирными свойствами (химически активная)	МНД	М1.Пбвг	М1.П1бв г	М1.П2бвг	М1.П3бв г	М1.П4бв г
		М2.Пбвг	М2.П1бв г	М2.П2бвг	М2.П3бв г	М2.П4бв г
		М3.Пбвг	М3.П1бв г	М3.П2бвг	М3.П3бв г	М3.П4бв г
типа МНВ с противозадирными свойствами (химически неактивная)	МНЕ	М1.Пабвг	М1.П1аб вг	М1.П2абвг	М1.П3аб вг	М1.П4аб вг
		М2.Пабвг	М2.П1аб вг	М2.П2абвг	М2.П3аб вг	М2.П4аб вг
		М3.Пабвг	М3.П1аб вг	М3.П2абвг	М3.П3аб вг	М3.П4аб вг
типа МНВ с противозадирными свойствами (химически активная)	МНР	М1.Пабвг	М1.П1аб зг	М1.П2абвг	М1.П3аб вг	М1.П4аб вг
		М2.Пабвг	М2.П1аб зг	М2.П2абвг	М2.П3аб вг	М2.П4аб вг
		М3.Пабвг	М3.Шабз г	М3.П2абвг	М3.П3аб вг	М3.П4аб вг
<b>Водосмешиваемые СОЖ:</b>						
концентраты с антикоррозионными свойствами, дающие в воде молочные эмульсии	МАО	Э1.0*	-	-	-	-
концентраты типа МАО с антифрикционными свойствами	МАОВ	Э1.Па	Э1.П1а	Э1.П2а	Э1.П3а	Э1.П4а
концентраты типа МАО для работы в тяжелых условиях	МАОС	Э1.Пбвг	Э1.П1бв г	Э1.П2бвг	Э1.П3бв г	Э1.П4бвг

Таблица 3. Сопоставление систем классификации СОЖ для обработки металлов (окончание)

Международный стандарт ISO 6743/7		Система классификации УкрНИИ НП "МАСМА"				
Категория продуктов	Класс L, группа М	Индексация по физико-химической природе присадок	Индексация по степени легирования			
			П1	П2	П3	П4
концентраты типа МАВ для работы при высоких давлениях	МАД	Э1.Пабвг	Э1.П1аб вг	Э1.П2абвг	Э1.П3аб вг	Э1.П4абв г
концентраты с антикоррозионными свойствами, дающие в воде микроэмульсии	МАЕ	Э2.0*	-	-	-	-
концентраты типа МАЕ с антифрикционными свойствами и для работы при высоких давлениях	МАФ	Э2.Пабвг	Э2.П1аб вг	Э2.П2абвг	Э2.П3аб вг	Э2.П4абв г
концентраты с антикоррозионными свойствами, дающие в воде прозрачные растворы	МАГ	Р.О* (Р1.0, Р2.0, Р3.0)	-	-	-	-
концентраты типа МАГ с антифрикционными свойствами и (или) для работы при высоких давлениях	МАН	Р.Пабвг	Р.ГПабвг	Р.П2абвг	Р.П3абвг	Р.П4абвг

\*Содержат ингибиторы коррозии.

ские характеристики воздействия на человека - по двухбалльной шкале.

В таблице 4 представлена схема распределения баллов при оценке степени токсичного воздействия СОЖ на человека и окружающую среду.

Суммарный рейтинговый балл определяется суммированием составляющих балльной оценки. Суммарный рейтинговый балл имеет пять градаций, отражающих степень негативного воздействия СОЖ на человека и окружающую среду. Шкала оценки с целью улучшения визуализации градуирована по цветам (рис. 1).

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная методика оценки токсикологических показателей СОЖ по сравне-

нию с существующими имеет следующие преимущества: быстро дает результат, без проведения дополнительных экспериментальных исследований; доступен для понимания; удобен для интегральной оценки токсичности СОЖ при разном сочетании единичных показателей, легко поддается автоматизации.

Предложенные методологические подходы к классификации смазочно-охлаждающих жидкостей и методика их оценки по степени воздействия на человека и биосферу с учетом токсикологических характеристик позволят осуществлять комплексный учет основных токсикологических показателей СОЖ и разрабатывать эффективные методы и подходы к снижению их негативного воздействия.

**Таблица 4.** Схема распределения баллов при оценке степени воздействия СОЖ на человека и окружающую среду

Наименование показателя оценки	Параметр оценки	Баллы
Раздражающее действие на глаза	Не оказывает действия	0 баллов
	Оказывает слабое действие	1 балл
	Оказывает раздражающее действие	2 балла
Кожно-резорбтивное действие	Не оказывает действия	0 баллов
	Оказывает слабое действие	1 балл
	Оказывает раздражающее действие	2 балла
Сенсибилизирующее действие	Не оказывает действия	0 баллов
	Оказывает слабое действие	1 балл
	Оказывает раздражающее действие	2 балла
Токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ (для оценки берется вещество, которое соответствует наиболее высокому классу опасности)	I класс опасности	4 балла
	II класс опасности	3 балла
	III класс опасности	2 балла
	IV класс опасности	1 балла
Токсичность при внутрижелудочном введении (средняя смертельная доза (LD50) при введении в желудок)	LD50 ≤ 5000 мг/кг	2 балла
	LD50 > 5000 мг/кг	1 балл
	Токсическое воздействие не выявлено	0 баллов

Суммарный рейтинговый балл	Степень воздействия СОЖ	Предложение к кодировке
10-12 баллов	Гипервоздействие	ГВ
7-9 баллов	Сильное воздействие	СрВ
4-6 баллов	Умеренное воздействие	УВ
1-3 баллов	Слабое воздействие	СлВ
0 баллов	Не оказывает воздействия	НВ

**Рис. 1.** Шкала оценки степени воздействия СОЖ на человека и окружающую среду по суммарному рейтинговому баллу

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варламов С.И. Технология обезвреживания отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей. «Экология и промышленность России», май 2005, с.22-24.
2. Васильев А.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. 201 с.
3. Васильев А.В. Комплексный экологический мониторинг как фактор обеспечения экологической безопасности // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 2. С. 23.
4. Васильев А.В., Хамидулова Л.Р. Воздействие смазывающих охлаждающих жидкостей в условиях предприятий машиностроения и методы его снижения. «Известия Самарского научного центра РАН», г. Самара, Октябрь – Декабрь 2006 г. т.8, №4 (18), с. 1171-1176.
5. Васильев А.В., Хамидулова Л.Р. Снижение негативного воздействия смазывающих охлаждающих жидкостей. В научно-методическом и информационном журнале «Безопасность в техносфере», №1, январь-февраль 2008, с. 40-43.
6. Хамидулова Л.Р., Васильев А.В. Воздействие СОЖ предприятий машиностроения как проблема техносферной безопасности. В сб. трудов II международного экологического конгресса (IV международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ЕLPIT-2009, г. Тольятти, 24-27 сентября 2009 г., изд-во Тольяттинского государственного университета, т.4, с. 290-295.
7. Khamidulova, L.R., Vasilyev, A.V. Approaches for the Reduction of Negative Impacts of Lubricating Cooling Liquids in Industrial Sites: the AVTOVAZ Case Study. Book of abstracts of the 8<sup>th</sup> International Scientific Conference "Health, Work and Social Responsibility"

- IOHA-2010, Rome, Italy, 28 September - 2 October 2010, p. 40.
8. *Vasilyev A.V.* Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // *Safety of Technogenic Environment*. 2014. № 6. Pp. 43-46.

**METHODOLOGICAL APPROACHES TO CLASSIFICATION  
OF LUBRICATING COOLING LIQUIDS AND EVALUATION  
OF ITS TOXICOLOGICAL INFLUENCE TO THE MAN AND TO THE BIOSPHERE**

© 2017 A.V. Vasilyev

Samara Scientific Center of Russian Academy of Science

Lubricating cooling liquids are widely using as in industry as in domestic conditions. In result of its impact environmental pollution is occurs, in particular of atmosphere and soil. Especially dangerous is toxicological impact. Methodological approaches to classification of lubricating cooling liquids and method of estimation of it impact to the man and to the biosphere are suggested.

*Keywords:* lubricating cooling liquids, classification, toxicological impact, man, biosphere