

В.А. Карпов, Ю.Л. Ковальчук,
О.П. Полтаруха, И.Н. Ильин

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД
К ЗАЩИТЕ
ОТ МОРСКОГО ОБРАСТАНИЯ
И КОРРОЗИИ**

УДК 547.652

Карпов В.А., Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П., Ильин И.Н. Комплексный подход к защите от морского обрастания и коррозии. М.: Т-во научных изданий КМК. 2007. 152 с.

В монографии изложены разработанные авторами концепция системного подхода к изучению морского обрастания и морской коррозии; методология, методики и результаты оценки эффективности средств и методов защиты от обрастания и коррозии с учетом экологических требований. Показаны пути разработки и описаны математические модели прогнозирования сроков эффективности систем защиты от морской коррозии и обрастания на основе лакокрасочных материалов. Сформулированы основные экологические аспекты защиты от морской коррозии и обрастания.

Монография представляет интерес для специалистов в области морского обрастания, коррозии, биоповреждений, инженерной экологии, математического моделирования.

Рецензенты: д.б.н. В.Г. Петросян,
д.б.н., проф. В.Д. Ильичев

Под редакцией д.б.н. И.Н. Ильина

ISBN 978-5-87317-402-7

© Карпов В.А., Ковальчук Ю.Л.,
Полтаруха О.П., Ильин И.Н., 2007

© Институт проблем экологии и эволюции
им. А.Н.Северцова РАН

© Научный совет по биоповреждениям при
Отделении биологических наук РАН

© Товарищество научных изданий КМК, издание, 2007

Содержание

CONTENTS	5
ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. Средства и методы защиты от морского обрастания и коррозии	10
1.1. Обрастание и коррозия в морской воде	10
1.1.1. Морское обрастание	10
1.1.2. Морская коррозия	11
1.2. Характеристика средств и методов защиты	12
1.2.1. Лакокрасочные материалы	12
1.2.2. Физико-химические методы защиты	15
1.3. Производство и потребление судовых лакокрасочных материалов	17
1.4. Перспективные средства защиты от коррозии и обрастания	22
Глава 2. Методология исследования и рациональное проектирование противообрастающих и противокоррозионных покрытий	32
2.1. Методы оценки эффективности защитных средств	33
2.2. Стандартные методы испытаний противообрастающих покрытий	38
2.3. Технология испытаний средств защиты	40
2.3.1. Сети климатических испытательных станций	40
2.3.2. Морские испытательные станции сети РАН	43
Глава 3. Прогнозирование эффективности средств защиты	49
3.1. Механизмы работы противообрастающих покрытий	50
3.2. Прогностические модели работы противообрастающих покрытий	51
3.3. Моделирование процессов скорости выхода биоцидов из лакокрасочных покрытий	54
3.4. Кинетика выхода биоцидов из лакокрасочных покрытий	61
3.4.1. Линеаризация	61
3.4.2. Определение неизвестных параметров	62
3.4.3. Выбор оптимальных моделей	63
3.5. Исследование точности прогнозирующих моделей	64
3.6. Оценка эффективности лакокрасочных покрытий	83
3.6.1. Выбор математических моделей	84
3.6.2. Моделирование процессов обрастания	85
3.7. Прогнозирование эффективности лакокрасочных покрытий с помощью моделей кинетики выхода биоцидов	89
3.7.1. Баренцево море	90
3.7.2. Южно-Китайское море	103
3.7.3. Черное море	111
3.8. Прогнозирование эффективности лакокрасочных покрытий с помощью моделей расхода биоцидов	115

3.9. Закономерности динамики расхода биоцидов	117
3.10. Экспресс-прогноз эффективности лакокрасочных покрытий	122
3.11. Прогнозирование эффективности лакокрасочных покрытий в разных климатических условиях	125
3.11.1. Оценка воздействия факторов морской среды на работу лакокрасочных покрытий	125
3.11.2. Прогностическое моделирование	126
Глава 4. Экологические аспекты разработки и применения средств защиты и борьбы с обрастанием и коррозией в морской воде	129
4.1. Экологические основы разработки и применения защитных средств	129
4.2. Влияние факторов среды на обрастание	130
4.3. Влияние факторов среды на коррозию	131
4.3.1. Морские коррозионные среды	131
4.3.2. Абиотические факторы среды, определяющие коррозию	135
4.3.3. Биотические факторы среды, определяющие коррозию	137
4.4. Экологические требования к средствам защиты от коррозии и обрастания	141
Литература	143
Summary	156

Глава 1. Средства и методы защиты от морского обрастания и коррозии

1.1. Обрастание и коррозия в морской воде

Обрастание, коррозия, старение и биоповреждения материалов и конструкций в морской воде может затруднять их эксплуатацию, вплоть до полной ее невозможности. Эти процессы обычно тесно связаны между собой, что часто обуславливает резкое их ускорение (см., в частности, 4 главу).

1.1.1. Морское обрастание

Под обрастанием обычно понимается совокупность микро- и макроорганизмов (в основном, прикрепленных), поселившихся на поверхности твердых субстратов, находящихся достаточно длительное время в морских и пресных водах. Процесс возникновения и развития такого сообщества также обычно называют обрастанием [Зевина, Лебедев, 1971; Бочаров и др., 1996 и др.].

Некоторые исследователи [Резниченко, Солдатова, Цихон-Луканина, 1976; Ошурков, 1985; Люблинский, Якубенко, 1990; Звягинцев, 2005] рассматривают обрастание как поселение организмов только на субстратах антропогенного происхождения (гидротехнические сооружения, суда и т.д.). Соответствующее же поселение на естественных субстратах (скалы, камни и т.д.) — бентос — по их мнению, принципиально отличается от обрастания. С экологической точки зрения такое деление совершенно не обосновано. Наблюдаемые различия обусловлены не происхождением субстратов, а условиями внешней среды, включая физико-химические характеристики этих субстратов.

В состав биоценозов на твердых субстратах, входят как прикрепленные (обрастатели), так и подвижные формы, которые живут среди них и находят там убежище, пищу, место для нереста и т.д. Среди обрастателей наиболее часто встречаются двустворчатые моллюски, усообразные, мшанки, гидроиды, полихеты, асцидии, кораллы, губки, водоросли, микроорганизмы. Подвижные виды обрастания представлены преимущественно моллюсками, полихетами, усообразными, рыбами [Морское обрастание..., 1957; Зевина, 1994; Ильин, 2007]. Биоценозы обрастания естественных и антропогенных субстратов служат источником расселительных стадий обрастателей для объектов, находящихся на расстоянии десятков, нередко сотен, километров от этих субстратов.

Обычно морское обрастание разделяют на два вида — прибрежное и океаническое [Зевина, 1994]. Последнее, в свою очередь, делят на пелагическое и глубоководное. Один из авторов этой монографии — О.П. Полтаруха — считает более обоснованным деление морского обрастания на пелагическое и при-

донное обрастание. Последнее, по его мнению, генетически тесно связано с бентосными сообществами твердых грунтов соответствующих районов Мирового океана [Полтаруха и др., 2003]. При этом придонное обрастание встречается, преимущественно, в прибрежных районах; соответственно — прибрежное обрастание, а также на больших глубинах (иногда вдали от берегов) — глубоководное обрастание.

Прибрежное обрастание характеризуется наибольшим видовым разнообразием и возможностью образовывать огромную биомассу, количество которой в благоприятных условиях может превышать 300 кг на 1 м² субстрата [Бочаров и др., 1996]. Этот тип обрастания имеет наибольшее практическое значение, поскольку именно в прибрежных районах Мирового океана сосредоточена основная часть субстратов антропогенного происхождения. В настоящее время прибрежное обрастание изучено значительно лучше других его типов.

Пелагическое обрастание характеризуется сравнительно небольшим видовым разнообразием, исключительной скоростью роста обрастателей, постоянно возрастающим количеством плавающих и фиксированных субстратов, пригодных для поселения этих организмов. Они могут существовать почти во всей безлёдной части Мирового океана [Ильин, 2007].

Предполагается, что в последние годы в связи с изменением экологической обстановки в морях и океанах и адаптацией организмов к новым жизненным условиям живучесть и агрессивность обрастателей значительно увеличилась [Карпов и др., 2000].

1.1.2. Морская коррозия

В этой монографии мы рассматриваем коррозию как процесс разрушения металлов и других материалов вследствие химического, электрохимического или биотического взаимодействия их со средой [Карнаушкин и др., 2001 и др.].

Одной из жизненно важных проблем человечества является защита металлов от коррозии. В последние годы во всех промышленно развитых странах наблюдается значительный рост потерь от коррозии, связанный с увеличением металлического фонда, развитием новых областей техники, расширением ассортимента конструкционных сплавов, ужесточением условий эксплуатации. Ежегодные потери США от коррозии превышали 100 млрд. долларов, в СССР в середине 1970-х гг. — они достигали около 40 млрд. рублей [Карнаушкин и др., 2001]. Наиболее опасны визуально малозаметные виды коррозии: стресс-коррозия, коррозионная усталость, фреттинг-коррозия, межкристаллитная, язвенная коррозия, которые разрушают материалы, вызывая визуально внезапное разрушение изделий или их частей. Общая поверхностная коррозия сравнительно менее опасна, но резко ухудшает их товарный вид [Жук, 1976].

Коррозия в морской воде (морская коррозия) представляет собой разновидность электрохимической коррозии в электролитах. Наличие хлор-иона делает

морскую воду средой, активизирующей анодный процесс растворения металла. В то же время морская вода насыщена кислородом, поэтому все металлы (кроме магния) корродируют с кислородной деполяризацией. Коррозионные факторы морской воды (температура, соленость, растворенный кислород, биофактор и т.п.) рассмотрены в главе 4.

Объектами морской коррозии, в первую очередь, являются части судна, находящиеся в воде (гребной винт, бортовая обшивка) или орошаемые морской водой (трюмы, палубы, надстройка), сооружения морских портов, свайные основания морских платформ и др. [Морская коррозия, 1983].

Очевидно, что морская коррозия и обрастание приносят большой ущерб. Изделия и конструкции, эксплуатирующиеся в морской воде, требуют специальной комплексной защиты. Ниже рассматриваются средства и методы защиты от морской коррозии и обрастания.

1.2. Характеристика средств и методов защиты

К настоящему времени разработаны многочисленные и разнообразные средства и методы защиты от обрастания (табл. 1.1).

Экологическая опасность метода в большинстве случаев определяется наличием либо отсутствием применяемого биоцида и его типом.

Рассмотрим наиболее важные и оригинальные методы защиты. Для удобства рассмотрения разделим их на две группы: защита лакокрасочными материалами (ЛКМ) и другие физико-химические методы.

1.2.1. Лакокрасочные материалы

Наиболее распространенным и доступным методом защиты от обрастания является применение ЛКМ, содержащих биоцидные добавки. Выщелачиваясь в окружающую среду, биоциды препятствуют оседанию и/или прикреплению обрастателей.

Судовые ЛКМ представляют собой группу материалов, эксплуатирующихся в разнообразных, часто специфических, условиях, и определяемых конструкцией судов, особенностями нанесения лакокрасочных покрытий (ЛКП) при строительстве и ремонте судов, климатическими районами эксплуатации нанесённых ЛКП и др.

ЛКП, используемые при окраске судов в зависимости от назначения подразделяются на виды [Искра, 1984]:

- а) для подводной части корпуса — защита от коррозии, обрастания и биоразрушений;
- б) для линии переменного смачивания — защита от коррозии, обрастания и биоразрушений;
- в) для надводной части корпуса и надстроек — защита от коррозии, придание и сохранение декоративных, специальных и других свойств;

Таблица 1.1. Средства защиты от обрастания (по: [Гуревич, Рухадзе и др., 1989, с изм.])

Средство защиты	Механизм действия	Преимущества	Недостатки	Срок службы, мес.
Лаковые краски	Выщелачивание ядов	Простота и технологичность	Многослойность покрытия, продолжительность окраски	18–60
Термопластические краски	То же	Быстрое высыхание. Малоопасны для окружающей среды	Незначительный процент использования яда, большой расход краски	36–48
Холоднопластические краски	То же	Простота и технологичность, возможность увеличения срока службы красок при достройке судов на плаву	Многослойность покрытия, продолжительность окраски. Средняя опасность для окружающей среды	36–48
Метод «токсикон»	Доставка яда на поверхность корпуса	Неограниченное время применения	Требует специальной конструкции бортов, загрязнение окружающей среды	Не ограничен
Хлорирование	Разрушение клеточных стенок организмов	Экономичность и эффективность для трубопроводов; для судов не технологичен	Высокая коррозионная и экологическая опасность	Не ограничен
Метод «гидрон»	Принцип самополирования; удаление обрастания с поверхностным слоем эмали	Улучшение обтекания корпуса судна. Мало опасен для окружающей среды	Невозможность использования без токсических добавок или слоев; эффективен только при скорости судна больше 13 узлов	–
Обкладка резиной и пленками, содержащими яды	Выщелачивание ядов	Продление сроков защитного действия покрытия	Невозможность применения в труднодоступных местах на корпусе судна	24–36
Ультразвук	Разрушительное действие на личинки обростателей	Неограниченное время применения. Малоопасен для человека	Малая эффективность, большой расход электроэнергии	Не ограничен
Электрический ток	Разрушительное действие электротока на	Неограниченное время применения. Малоопасен для человека	Большой расход электроэнергии, малая эффективность	Не ограничен

Таблица 1.1 (окончание)

Средство защиты	Механизм действия	Преимущества	Недостатки	Срок службы, мес.
	личинки обрастателей			
Радиоактивная защита	Разрушительное действие радиоактивного излучения на личинки обрастателей	Длительное действие	Опасность для человека и окружающей среды	Не ограничен
Механические методы	Удаление обрастателей и их личинок сильной струей воды или скребками	Возможность неограниченного повторения; возможность очистки «на плаву». Не опасно для человека	Недостаточная и кратковременная эффективность, трудоемкость, ускорение коррозии и повторного обрастания	Не ограничен
Термический метод. Нагревание подводной части во время стоянок	Разрушение личинок обрастателей термическим ударом	Возможность неограниченного повторения. Не опасно для человека	Недостаточная и кратковременная эффективность. Большой расход электроэнергии	Не ограничен
Металлизация распылением меди	Выщелачивание меди	Длительный срок защиты. Малоопасен для окружающей среды	Небольшая производительность	Не ограничен

г) для верхней палубы — защита от коррозии, придание и сохранение поверхности специальных свойств (противоскользящих и др.);

д) для трюмов — защита от коррозии и биоповреждений, с учетом совместимости с горюче-смазочными материалами, пресной и морской водой и т.д.;

е) для внутрикорпусных конструкций: жилые и рабочие помещения — защита от коррозии, придание декоративных свойств, обеспечение экологических норм; другие помещения — защита от коррозии, придание декоративных свойств.

Преимущество применения ЛКМ — простота, доступность, технологичность (в частности, нет необходимости использования дорогостоящего оборудования), возможность применения в разнообразных условиях. Недостатки — многослойность покрытия, длительность окраски многими ЛКМ, в некоторых случаях загрязнение окружающей среды токсичными веществами.

Отдельные виды противообрастающих красок (термопластичные и холоднопластичные), несмотря на некоторые преимущества, не стали применяться в судостроении и судоремонте по технологическим причинам сложности нанесения на окрашиваемую поверхность [Болотин, Бельчев, 1970; Горбенко и др., 1991].

1.2.2. Физико-химические методы защиты

Метод «токсион». Во время стоянки на корпус судна подается жидкий состав с биоцидом. Состав содержит керосин, бистрибутилоловооксид и поверхностно-активное вещество для лучшего распределения керосина по корпусу судна [Патент 3326174..., 1967]. Поскольку состав подается на корпус в виде капель в потоке пузырьков газа, этот метод пригоден лишь для судов, имеющих острые корытообразные обводы и непригоден для современных танкеров. Большой недостаток метода — значительное загрязнение среды ядовитыми компонентами состава.

Хлорирование, купоросование и озонирование. Эффективно для борьбы с обрастанием в трубопроводах технического водоснабжения [Гуревич и др., 1989]. Так, при обработке два раза в сутки в течение 2 ч медным купоросом в количестве 0.3–0.4 мг/л гибель мшанок наступает через 5–6 сут. Для защиты трубопроводов и стационарных гидротехнических сооружений эффективно также хлорирование. Источниками хлора могут быть: жидкий хлор, подаваемый из баллонов, хлорная известь, гипохлорит натрия и хлор, получаемый при электролизе морской воды [Якубенко и др., 1989; Усачев, 1990; Зевина, 1994]. Для эффективной защиты от обрастания достаточен избыток хлора 0.5–1.0 мг/л. Считается, что такая концентрация не представляет опасности для морской флоры и фауны, поскольку она уменьшается со временем в результате разбавления и улетучивания хлора [Шадрина и др., 1987]. Для судов и других плавсредств применение хлора мало технологично. Кроме того, высока коррозионная опасность этого метода. А.И. Раилкин с соавторами [1987] рекомендуют использовать вместо хлора активные формы кислорода. Преимущество этого метода в его небольшой опасности для природы и человека. В качестве источника активного кислорода используют озон или 35% перекись водорода в сочетании с солями железа [Sugam, 1983; Nishimura et al., 1988]. Показана принципиальная возможность экологически малоопасной защиты от обрастания на основе супероксидного ион-радикала. Использование иммобилизованных металлопорфиринов перспективно для долговременной защиты от обрастания. Найден дешевый источник получения порфиринов из растительной массы, переработанной тутовым шелкопрядом [Раилкин, 1998].

Для профилактики от обрастания водоводов предлагается использовать медный купорос в концентрации 1–2 мг/л с интервалом между обработками 1–2 месяца. При сильном развитии обрастания рекомендуется применять концентрации до 6 и даже до 15 мг/л в течение часа каждые 2.5 суток. В отличие от хлора, медный купорос эффективно уничтожает моллюсков. Соли меди можно также получать анодным растворением её на месте защиты. Разработан метод совместного анодного растворения солей меди, алюминия и железа. Однако соли меди весьма негативно воздействуют не только на обрастателей, но и на других гидробионтов, а также усиливают коррозию [Крушель, 1950; Якубенкой др., 1978, 1989].

Из других веществ, используемых для предотвращения обрастания водоводов, следует назвать хлорид железа (III), кальциевую соль диметилдитиокарбаминовой кислоты, бусан-90, пирор-400, натриевую соль этиленбисдитиокарбаминовой кислоты, хлорорганические, фенолсодержащие (пентахлорфенол, 0.63 мг/л), медноамиачные соединения, акролеин, четвертичные аммониевые соединения (алкилтриметиламмоний-хлорид и алкилбензилдиметиламмоний-хлорид) и др. [Зевина, 1961; Соколова, Марков, 1985]. Некоторые авторы рекомендуют пентахлорфенолят натрия с добавлением динитроортокрезолята натрия, хлорофоса или окиси цинка [Искра, 1984].

Метод «гидрон». Обработка корпуса судна после нанесения противообрастающего покрытия разбавленными растворами полимеров, уменьшающих сопротивление трения, например, гуаром, полиэтиленоксидом, полиакриламидом, оксиэтилцеллюлозой и др. Так, 0.002% водный раствор полимера уменьшает трение модели судна на 60%. Однако срок действия полимера — не более 12 месяцев. Метод экологически мало опасен. Недостатки метода — небольшая экономичность, неэффективность при большой шероховатости защищаемой поверхности [Гуревич, Рухадзе и др., 1989].

Обкладка резиной. Метод, применяемый для защиты от обрастания специзделий и в данной работе подробно не рассматривается.

Ультразвук. Эта защита обусловлена способностью УЗ-волн вызывать разрыв животных и растительных клеток [Шадрина, 1995]. Для эффективной защиты от обрастания необходимо правильно выбирать параметры и режим работы УЗ-генератора. Гибель личинок обрастателей зависит от частоты ультразвуковых волн: считается, что при 23–27 кГц обрастание не происходит [Тарасов, 1961; Разумов, 1969; Соколова, Марков, 1985]. При давлении ультразвука 0.1–0.3 бар количество гибнущих личинок зависит от времени его воздействия. При постоянной пульсации увеличение частоты вызывает повышение гибели личинок [Sudsuki, Koppe, 1970]. Этот метод защиты в последнее время мало употребляем из-за дороговизны оборудования и недостаточной эффективности.

Электрические и электрогидравлические методы. Защита от обрастания возможна посредством придания корпусу судна отрицательного потенциала, при котором происходит выделение газообразного водорода. Для создания электрического поля на поверхности судна ниже ватерлинии укрепляются металлические (изолированные от корпуса) электроды, между которыми протекает переменный электрический ток, получаемый от агрегата, находящегося на судне или на берегу. Корпус судна окрашивается противокоррозионной краской, которая служит изоляцией между электродами. Защитный эффект достигается при плотности тока выше 10764 мА/м². Несмотря на малый вред для гидробионтов, этот метод из-за большого расхода электроэнергии не получил значительного распространения [Гуревич, Рухадзе и др., 1989].

Радиоактивные изотопы C, Cl, Co, Y, Ce и Ti и др. в виде порошкообразного металла, окислов или солей пентахлорфенола можно вводить в количестве от

0,25 до 22,5 массовых % в краски, например, на основе сополимера винилхлорида с винилацетатом [Патент 223943..., 1955; Morley, 1958]. Предлагается также использование бета-радионуклидов технеция-99 [Макаров, 1990]. Однако из-за опасности для человека, применение радиоактивных изотопов связано с решением сложных технических и санитарных проблем. Поэтому этот метод не получил широкого распространения.

Механические методы. Основной из них — удаление обрастания с помощью различных приспособлений в доке (сильной струей воды или скребками) или на плаву (подводная очистка). Их применяют лишь при невозможности использования других средств защиты, учитывая, в частности, его экономичность. Однако, несмотря на малую экологическую опасность, высокая трудоемкость, кратковременный эффект, ускорение коррозии и повторного обрастания не позволяют рекомендовать эти методы для широкого применения [Гуревич и др., 1989].

Термический метод. Нагревание подводной части объектов, в частности, судов во время стоянки. Использование нагретой выше 30 °С воды применяется для борьбы с обрастанием в морских водоводах при наличии отходов тепла, например, на морских приливных электростанциях [Крушель, 1950; Wood, 1955; Зевина, 1961]. Метод мало опасный для окружающей среды и довольно распространенный.

Металлизация корпусов судов активными металлами (медью, кадмием, оловом) толщиной 100–1200 мкм на длительный срок защищает от обрастания. Для большей эффективности данного метода защиты необходимы: прочное противокоррозионное покрытие корпуса судна, его катодная защита, высокая производительность металлизационной аппаратуры. Возможна также защита от обрастания анодным растворением меди [Якубенко и др., 1978]. Эти способы экологически сравнительно безопасны, так как выщелачивание металлов осуществляется только на стоянках судов при выключенной катодной защите [Патент 1.176.274..., 1970].

Таким образом, большинство физико-химических методов защиты от обрастания в судостроении и судоремонте широко не применяются из-за малой эффективности и технологичности, дороговизны, иногда из-за опасности для здоровья человека и окружающей среды.

1.3. Производство и потребление судовых лакокрасочных материалов

Потребление ЛКМ отечественными предприятиями судостроения и судоремонта в конце 80-х гг. прошлого столетия составляло 8000 т в год, но в последние годы оно снизилось до 1000–1200 т в год. Это связано отчасти с малыми сроками службы покрытий, выпускаемых ранее — обычно 1 год для надводной

и 1.5–2.0 года для подводной частей судов [Ковальчук и др., 2000; Иоффе, Коломиец, Фисай, 2004].

В 90-е гг. XX в. на судовые краски в мире потрачено около 2 млрд. долларов, из них 1.2–1.3 млрд. долларов приходилось на краски для средних и больших морских и океанических судов, около 600 млн. долларов — на краски для малых судов. Только в США потребление судовых красок в 1993 г. составило 62 млн. л (стоимостью 260 млн. долларов), в 1998 г. — 66 млн. л (335 млн. долларов) [Welthaupterzauger..., 1996].

В конце 1990-х гг. на мировом рынке судовых красок лидировала британская фирма Courtaulds Coatings (Великобритания). На её долю приходилось около 33% производства судовых красок, затем шли скандинавские фирмы Jotun (Норвегия) — 12%, Hempel (Дания) — 11% и японская фирма Chugoku (11%). Остальные фирмы (в порядке уменьшения долей производства): Akzo Nobel (Нидерланды), ICI (Великобритания), Sherwin Williams (США), PPG Industries (США), Kansai Marine Paint (Япония), BASF (Германия), Nippon Paint (Япония), Du Pont (Франция), Herbert (Германия) [Weltherstellung..., 1995]. Ниже приведены краткие сведения о некоторых фирмах, выпускающих судовые ЛКМ.

Компания Union Carbide (США) производит виниловые смолы UCAR, сополимеры винилхлорида и винилацетата для промышленных судовых ЛКМ [Материалы компании ..., 1998].

Словацкая фирма Chemolak выпускает полиуретановые ЛКМ для окраски судов [Welthaupterzauger ..., 1996].

Германская фирма Steelpaint производит защитные краски от коррозии гидротехнических сооружений. Эта фирма работает на рынке России около 5 лет, но имеет ограниченные объемы поставок из-за специфичности продукции, требующей специального оборудования и обучения специалистов по применению полиуретановых материалов [Материалы фирмы Steelpaint, 1997].

Канадская фирма Henkel Canada Ltd. поставляет отвердитель Waterepoxy 801 для эпоксидных ЛКМ, используемых для окраски морских судов. Отвердитель обеспечивает высокую скорость отверждения, коррозионную стойкость, декоративные свойства [Материалы фирмы Henkel Canada, 1997].

Фирма International Marine Paints (Великобритания) производит самополирующиеся противообрастающие краски SPC, представляющие композиции на основе оловоорганического акрилового сополимера, гидролизующегося в морской воде с высвобождением токсичных соединений. Краски также уменьшают шероховатость корпуса судна. Фирма выпускает ЛКМ для судостроения как давно применяемые алкидного, акрилатного, хлоркаучукового типов, так и современные высокотехнологичные эпоксидные, полиуретановые, водоразбавляемые: 30 наименований противообрастающих и 25 — противокоррозионных красок, 10 — межоперационных грунтов [Welthaupterzauger ..., 1996].

Фирма Jotun (Норвегия), основанная в 1926 г., поставляет продукцию более чем в 20 стран, в том числе в Россию, имея представительства в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Архангельске, Калининграде. Фирма представляет многовариантные системы окраски, учитывающие условия эксплуатации и доставки [Welthaupterzauger ..., 1996; Каталог фирмы Jotun, 2002].

Фирма Hempel (Дания), основанная в 1915 году, в течение многих лет специализируется на морских покрытиях для судов. Эта фирма, входящая в число крупнейших мировых фирм по производству судовых ЛКМ, имеет 28 заводов в разных регионах мира, представительства в Москве, Санкт-Петербурге, Мурманске. Фирма предлагает многовариантную систему окраски с учетом условий доставки, сроков поставки и т.д. [Hempel Ianza..., 2000].

Фирма Sigma (Нидерланды) выпускает новое комплексное покрытие на основе экологически малоопасной краски Sigma Pilot Ecol A/F, не содержащей трибутилолова, для окраски подводной части судов. Ранее продукция фирмы ограничено применялась при строительстве танкеров для СССР на зарубежных верфях [Каталог фирмы Sigma Coatings, 2002].

Фирма Kansai-Wilckens (Япония-Германия) осуществляла поставки в Россию ледостойких эпоксидных материалов «Realox». Фирма Wilckens (Германия) выпускает серию самополирующихся противообрастающих красок Ecomar AF на основе хлорированной резины, не содержащих органического олова [Рекламные материалы..., 2004].

Наиболее широкое распространение в России в последние 10 лет получила продукция фирм Jotun, International Paints (Англия), Hempel, Sigma, Tikkurila (Финляндия), Kansai-Wilckens, Steelpaints (Германия).

После распада СССР практически прекратились интенсивные разработки противообрастающих ЛКМ, в частности самополирующегося типа. В настоящее время в России одним из ведущих производителей ЛКМ для судостроения и судоремонта является АООТ НПФ «Пигмент» (г. Санкт-Петербург). Характеристики выпускаемой этой фирмой продукции представлены в таблице 1.2.

В последние годы в России появилось много, в основном, мелких фирм, производящих ЛКМ. Так, ООО «Краски БЭП» выпускает ЛКМ на основе эпоксидной смолы для топливных емкостей и танков нефтеналивных судов. ООО «Экор-Нева» выпускает грунтовки и эмали лакокрасочной системы «Виникор» для различных судовых конструкций. По данным ООО «Гамма» на фирме налаживается производство 150 наименований ЛКМ для нужд судостроения [Лакокрасочные материалы..., 2002].

Таким образом, наряду с зарубежными фирмами отечественные производители осваивают выпуск комплексных лакокрасочных систем для применения в судостроении и судоремонте.

Таблица 1.2. Характеристики лакокрасочных материалов и покрытий, выпускаемых НПФ «Пигмент» (по: [Судовые лакокрасочные материалы..., 2002])

Наименование	Цвет	Массовая доля не-летучих веществ, %	Расход на 1 слой, 1 слой,	Толщина слоя, мкм	Количество слоев	Срок службы, лет	Область применения
Грунтовки:							
ВЛ-05 фосфатирующая	Зеленый	20-24	110-130	18-24	2	3	Для грунтовки черных металлов, в том числе, в схемах окраски подводной части
ЭФ-065	Коричневый	56-62	120-150	24-30	2	3	В системе защиты от коррозии и обрастания металлических подводных бортов
ЭП-0263С («Праймер 17») двухупаковочная	Красно-коричневый	37-45	120-170	20-26	1	3	В системе противокоррозионной защиты подводных бортов
Эмали:							
СП-432	Коричневый	38-48	160-190	30-40	4	2	Защита от коррозии подводной части судов неограниченного района плавания
СП-1266С	Коричневый	36-41	100-120	20-30	2-6	2-3	То же
ЭП-46 «У» двухупаковочная	Зеленый, коричневый	74-86	200-250	80-100	3	4	То же
ЭП-438С двухупаковочная	Коричневый, розовый	64-76	160-200	80-110	3	4	То же
ХС-436 тиксотропная двухупаковочная	Красно-коричневый	40-45	220-250	80-100	2	4	То же
ЭП-437 двухупаковочная	Черный	88-94	800-900	450-500	1	1-2	Защита от коррозии подводной части корпусов ледоколов, судов ледового плавания
62-106-93 двухупаковочная взамен ХС-416	Серебристо-белая	37-42	250-330	60-80	4	4	Защита от коррозии судов из легких сплавов