

ГИДРОТЕХНИКА

Мониторинг ГЭС. Озеро Неро. Технологии антикоррозионной защиты. Отечественное машиностроение. Многофункциональное экологическое судно. Внутренние водные пути. Берегозащита. Промышленная гидротехника

№ 2 2016

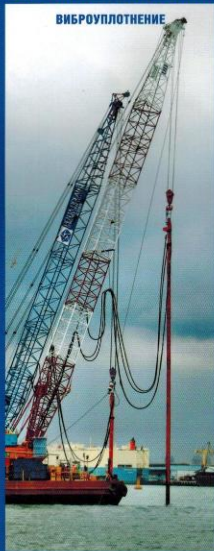
Май – Июль

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГЛУБИННОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ

ВИБРОЗАМЕЩЕНИЕ



ВИБРОУПЛОТНЕНИЕ



КАМЕННЫЕ КОЛОННЫ



WP
MACHINE EQUIPMENT

WP MACHINE EQUIPMENT AG
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ АГЕНТ В РФ И СНГ С 1996 ГОДА
www.wp-machine.ru info@wp-machine.ru
www.ptc.fayat.com Тел. +7 926 899 50 39

ПРОДАЖА – АРЕНДА – ЛИЗИНГ



PTC
FAYAT GROUP

Читайте на стр. 86-89

ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ, ИСПЫТАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ОБРАСТАНИЯ И КОРРОЗИИ

Отвалко Ж. А.,
канд. хим. наук, зав. лабораторией ФГУП «НИИСК»

Райкин А. И.,
доктор биол. наук, генеральный директор
ООО «БиоМорЗащита»

Коротков С. И.,
канд. хим. наук, ст. науч. сотр. ФГУП «НИИСК»

Фомин С. Е.,
науч. сотр. ФГУП «НИИСК»

Другов М. В.,
канд. хим. наук, ведущ. науч. сотр.
ФГУП «НИИСК»

Чикадзе С. З.,
инженер, СПбГУ

Аннотация. Рассмотрены подходы к решению проблемы защиты от биообрастания. Разработано противобрастающее защитное покрытие КЭЛТ-2. Ведется разработка перспективных противобрастающих покрытий с пониженной экологической опасностью и экологически безопасных.

Ключевые слова: ФГУП «НИИСК», биообрастание, противобрастающие покрытия, экологическая безопасность.

Zh. A. Otvalko, A. I. Raikin, S. I. Korotkov, S. E. Fomin, M. V. Drugov, S. Z. Chikadze
METHODS OF DEVELOPMENT, TESTING AND MANUFACTURING OF INNOVATIVE COATINGS FOR HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES PROTECTION FROM FOULING AND CORROSION

Abstract. Approaches to environmental problem against biofouling were considered. Antifouling coating KELT-2 has been developed. Work is underway on the preparation of promising antifouling coats with reduced environmental hazard and ecologically safe ones.

Keywords: FSUE «ISR», biofouling, antifouling coats, ecological safety.

Введение в проблему биообрастания

Биообрастание изделий, конструкций гидротехнических сооружений (ГТС) и других объектов вызывает их биоповреждение и помехи при эксплуатации. Так, при значительном развитии макрообрастания скорость движения судна может снизиться на 30–50%, что существенно увеличивает расход топлива для поддержания требуемой скорости хода [1]. Известны случаи останова работы крупных предприятий из-за сильного обрастания их систем охлаждения [2, 3]. К примеру, общая биомасса в водоводе насосной станции комбината «Азовсталь» составляла 23 кг/м², а на стенках колодцев — 30 кг/м². В результате этого леги в доменных цехах приходилось останавливать, причем часовой простой приносил убытки в размере около 200000 руб. Известны случаи с многочисленными человеческими жертвами опрокидывания и затопления судов и буровых нефте- и газодобывающих платформ в штормовую погоду из-за их обрастания [4]. Фактический мировой ущерб от морского обрастания и биоповреждения материалов, изделий и сооружений, по экспертным оценкам, ежегодно составляет более 50–100 млрд долларов США, причем без профилактики и защиты он был бы еще больше, примерно на два порядка [1, 5, 6].

Важной проблемой, связанной с биообрастанием, является коррозия технических материалов и объектов в водной среде [7]. Ее неотъемлемой составляющей выступает биоповреждение. Организмы, обрастающие технические объекты, выделяют биологически активные вещества, которые могут отрицательно влиять на электрохимические потенциалы колонизированных ими поверхностей, разрушать материалы и изделия и, таким образом, во многих случаях усиливать их коррозию. Биоповреждения, вызываемые микро- и макро-

обрастателями, связаны с их метаболическими и ростовыми процессами, нарушающими целостность защитного покрытия и приводящими к резкому усилению коррозии уже лишенного защиты объекта [6].

Теоретические подходы к решению проблемы защиты от биообрастания

С научной точки зрения биологическое обрастание представляет собой процесс колонизации (заселения) микроорганизмами, расселительными стадиями растений и животных (спорами макроводорослей, личинками беспозвоночных животных и др.) любых твердых субстратов, естественных или созданных человеком и эксплуатируемых в водной среде. Анализ колонизационного цикла [6], представленного на рис. 1, показывает, что ключевыми в процессе обрастания являются стадии оседания и прикрепления. Их подавление теми или иными средствами и способами может предотвратить поселение обрастателей, их развитие и рост и, таким образом, обеспечить защиту от них. Для этих целей могут быть использованы репелленты и противобадиезные агенты, например вещества, отпугивающие личинки и споры обрастателей или препятствующие их прикреплению на защищаемую поверхность.

С конца прошлого века в связи с серьезным ухудшением морской экологии, особенно в прибрежных районах промышленно развитых городов, во что немалый негативный вклад внесли яды (биоциды) судовых покрытий и иных способов химической защиты ГТС, четко обозначилась тенденция переориентации научно-практических разработок на экологически щадящую защиту от биообрастания [6, 9]. К настоящему времени запрещено производство и прямое использование самых эффективных на начало этого века

противообрастающих оловоорганических покрытий как наиболее опасных для экологии водной среды, ее обитателей и человека. В ближайшей перспективе ожидается полное запрещение биоцидов для защиты от обрастания. Поэтому на повестке дня остро стоит вопрос о создании экологически безопасной защиты. В распоряжении зарубежных и отечественных судовых компаний остались в основном краски, содержащие в качестве биоцида закись меди, которая является менее токсичной и опасной, чем оловоорганика.

Нами предложена концепция экологически безопасной защиты технических объектов, включая ГТС, от биообрастания и биоповреждения [6]. В ее основе лежит анализ мировой литературы за последние сто лет, включающий исследования и практические разработки в области гидробиологии, экологии, биологии, физиологии и поведения обрастателей, токсикологии, биоповреждений и ряда других дисциплин. Кратко основные положения концепции можно представить как следующие. Процесс обрастания любых твердых тел (естественных или искусственных), находящихся в морской среде, без применения средств, которые бы его остановили, необратим и всегда идет в одном направлении (рис. 1). Его интенсивность зависит от продуцирования (отрождения) в воду расселительных стадий обрастателей (см. выше), что в тропических водах происходит почти непрерывно, а в субтропиках и северных широтах сезонно. Использование биоцидов для защиты от обрастания плохо не тем, что они убивают обрастателей, а тем, что использовавшиеся ранее и используемые сейчас биоциды, выщелачиваясь из защитных покрытий, не трансформируются микробиотой до безвредных (или малотоксичных) продуктов, а вовлекаются в биологические циклы, многие из которых заканчиваются на человеке и весьма опасны для полезных обитателей водной среды. Наиболее прагматичным подходом представляется использование репеллентов и противоадгезионных веществ, которые могли бы выводиться из биологического круговорота или быть малотоксичными и не накапливаться в больших количествах в водной среде.

Научно-технические подходы к разработке и созданию экологически безопасных противообрастающих покрытий

В качестве основного показателя оценки защитного действия противообрастающих покрытий используют величину обилия, о которой судят по численности или весу обрастателей, поселившихся на них в течение определенного периода в лабораторных экспериментах или при испытаниях в натурных (морских) условиях. Учитывая, что разные организмы обладают неодинаковой чувствительностью к действию противообрастающих веществ покрытий, встает трудный вопрос: как оценить общее защитное действие того или иного противообрастающего покрытия по обилию колонизировавшихся его видов?

Для количественной оценки интегрального действия защитных покрытий на многовидовые сообщества обрастания нами [8] впервые в мировой практике был разработан противообрастабельный индекс (ПИ), который учитывает долю каждого вида (группы видов) в обилии сообщества обрастания, а также, что особенно важно, интегральное противообрастающее действие покрытия:

$$PI = \sum (Q_i/Q (1 - Q_i'/Q_i)),$$

где Q_i и Q_i' — обилие i -го вида (группы видов), соответственно, на контрольном и защитном покрытиях, Q — суммарное обилие всех видов (групп видов) на контрольном покрытии.

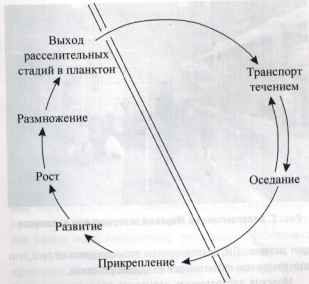


Рис. 1. Обобщенная схема колонизационного цикла обрастателей. Косая сплошная двойная черта — поверхность твердого тела

ПИ изменяется в пределах от 0 (отсутствие защиты) до 1 (полная 100%-я защита). На основе этого индекса оказалось возможным проводить количественные сравнения биологических лабораторных и морских испытаний образцов покрытий разного состава, в том числе в сравнении с судовыми промышленными красками (табл. 1).

В соответствии с реализацией концепции экологически безопасной защиты [6] для разработки экологически безопасной (малоопасной) защиты от морского обрастания было использовано несколько основных научно-методических подходов с целью поиска репеллентов, противоадгезионных и биоцидных (экологически неопасных или малоопасных) веществ, которые могли бы быть использованы для создания экологически безопасных покрытий. Нами были разработаны, а также усовершенствованы способы испытаний веществ на репеллентность и их противоадгезионные свойства [10]. В настоящее время разрабатывается способ определения противоадгезионных свойств покрытий на основе впервые созданного экспериментального прибора адгезиометра.

Разработанный нами лабораторный способ биологических экспресс-испытаний образцов противообрастающих покрытий на основе открытого явления самосборки сообществ микробрастания [11] позволяет в течение 2–3 суток дать объективную и точную оценку степени обрастаемости материалов по значению ПИ (табл. 1), отобрать наиболее перспективные из них для дальнейших натуральных испытаний. Как было установлено, такая оценка в лабораторных условиях

Диапазон защитного индекса (ПИ)	Характеристика защиты от обрастания
0,9–1,0	Особенно перспективна (на уровне судовых красок)
0,79–0,89	Весьма перспективна
0,68–0,78	Перспективна
Ниже 0,68	Не перспективна

Табл. 1. Классификация противообрастающего действия покрытий



Рис. 2. Биоиспытания в Морском аквариальном комплексе

дает значение ПИ, практически не отличающееся от того, что получается при испытаниях в натуральных условиях.

Морские лабораторные испытания проводятся на сообществах микрообрастания, личинках и спорах макрообрастателей в Морском аквариальном комплексе (рис. 2), в ресурсном центре «Обсерватория экологической безопасности» Санкт-Петербургского государственного университета и на Морской биологической станции университета.

Нами продолжают разрабатываться и усовершенствоваться подходы и основанные на них способы лабораторной оценки экологической безопасности противообрастающих покрытий с использованием модельных видов макрообрастателей: бурых водорослей, гидроидных полипов, усонюгих раков, двустворчатых моллюсков, иглокожих, рыб. Испытания проводятся в Морском аквариальном комплексе СПбГУ (рис. 2) в течение 3–6 месяцев в системе общим объемом 500 л, состоящей из шести аквариумов (по числу видов обрастателей), связанных между собой общим протоком и системой механической и бактериальной очистки. В ходе испытаний контролируются: общее состояние, подвижность, питание, скорость роста и жизнеспособности обрастателей в опытной системе с противообрастающими покрытиями и контрольной к ней. На основе анализа полученных данных производится отбор экологически безопасных противообрастающих покрытий.

Разработаны программа и методики натуральных испытаний опытных партий противообрастающих покрытий [12–14]. Для оптимизации, ускорения и повышения точности морских испытаний, в зависимости от поставленных задач, они проводились:

- в разных зоогеографических зонах: boreально-арктической (Белое море) и субтропической (Черное море);
- в прибрежных акваториях морей;
- в поверхностном слое;
- в период массового оседания основных обрастателей;
- на горизонтально или вертикально ориентированных пластинах (размером от 10×20 см) с использованием гидрофлогеров. В результате эффекта флюгера пластины обрастания оказываются ориентированными под постоянным углом к течению, переменному по направлению, что обеспечивает статистически одинаковое обрастание односторонних покрытий [15].

Это позволило обеспечить жесткие и воспроизводимые условия проведения испытаний противообрастающих покрытий. В условиях течения распределение обилия обрастания (по численности и биомассе) вдоль пластин, помещенных на гидрофлогер, уже с первых суток их экспонирования в море

оказывается градиентным [6]. Среднее обилие обрастания на пластинах и крупных продольно обтекаемых объектах, таких как подводная часть корпуса судна и внутренняя стенка трубопровода, достигается на расстоянии, равном ¼ длины объекта, от его переднего к набегающему потоку края. Это позволяет определять среднее обилие обрастания на трансекте, расположенной на расстоянии ¼ от переднего края продольно обтекаемой поверхности [16].

Противообрастающее защитное покрытие КЭЛТ-2

В ФГУП «НИИСК» разработано каучук-эпоксидное антиобрастающее защитное покрытие КЭЛТ-2 (ТУ 2257-198-00151963-2013), предназначенное для защиты металлических поверхностей от воздействия морской воды и биологических объектов [17]. Антиобрастающее и защитное покрытие КЭЛТ-2 имеет:

- высокий уровень физико-механических характеристик (прочности и относительного удлинения при разрыве, стойкости к тепловому старению, адгезии к нержавеющей стали, титану, эластичности при изгибе, прочности при ударе, минимальной шероховатости, стойкости к истиранию, работоспособно в интервале температур от -50°C до $+100^{\circ}\text{C}$);
- высокое электрическое сопротивление (электрическое сопротивление поверхности покрытия относительно металлической пластины в нормальных климатических условиях не менее 40 МОм);
- высокую электрическую прочность (поверхность покрытия относительно металлической пластины в нормальных климатических условиях выдерживает без пробоя и перекрытия по поверхности в течение 1 мин. при мощности испытательной установки не менее 0,5 кВ·А испытательное напряжение синусоидальной формы частоты 50 Гц с действующим значением 1,5 кВ);
- устойчивость к воздействию повышенной температуры среды (рабочая температура среды 35°C , предельная температура 100°C);
- устойчивость к воздействию пониженной температуры среды (рабочая температура среды -2°C , предельная температура -50°C);
- устойчивость при воздействии гидростатического давления (рабочее давление $6,0 \cdot 10^6$ Па, максимальное давление $8,0 \cdot 10^6$ Па);
- антиобрастающее действие покрытия по результатам предварительных биологических и натуральных испытаний составляет не менее 2 лет.

Покрытие КЭЛТ-2 не содержит растворителей, может применяться без грунтового слоя, который необходим для получения покрытий с высоким электрическим сопротивлением.

Наименование показателей	Значение
Условная прочность при разрыве, МПа, в пределах	15,0–30,0
Относительное удлинение при разрыве, %, не более	10
Физико-механические показатели после теплового старения (72 часа, 100°C):	
Условная прочность при разрыве, МПа	12,0–25,0
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	5
Температурный диапазон эксплуатации, $^{\circ}\text{C}$	$-2 \dots +40$
Адгезия (сталь, титан), балл, не более	1
Твердость покрытия, стн. ед., не менее	0,2
Прочность пленки при ударе по прибору У-1А, см, не менее	30
Эластичность пленки при изгибе, мм, не более	3
Время обрастания (срок службы), лет, не менее	2

Табл. 2. Основные технические характеристики покрытия КЭЛТ-2

Комплекс высоких физико-механических, дизлечивоческих, механо-климатических и противообрастающих свойств каучук-эпоксидного защитного покрытия КЭЛТ-2 позволяет рекомендовать его к применению в различных областях народного хозяйства, в том числе в судостроении для защиты от коррозии и обрастания различных элементов судов, эксплуатирующихся под водой; различного навесного подводного оборудования и приборов.

Возможна организация опытно-промышленного производства разработанного противообрастающего каучук-эпоксидного защитного покрытия КЭЛТ-2 во ФГУП «НИИСК». Расход грунтового слоя составляет 100–200 г/м², защитного слоя — 300–400 г/м². Ориентировочная стоимость защитного покрытия около 1,5–2 тыс. руб. за 1 кг, что существенно ниже импортных аналогов.

Разработка перспективных экологически безопасных противообрастающих покрытий

В настоящее время для защиты от обрастания используется огромное количество противообрастающих покрытий, содержащих в подавляющем большинстве в качестве биоцида закиси меди. Содержание меди в промышленных судовых противообрастающих красках, согласно Российскому регистру судоходства, составляет от 40 до 60%.

Для оценки уровня противообрастающих свойств тестировали промышленные противообрастающие покрытия Tiliux 33 и Cruiser UNO производства International Farbenwerke GmbH, эмаль «Гамма-XP-5286С противообрастающая» (ТУ 2313-021-98605321-2007) отечественного производства (ООО «Гамма Индустриальные краски»). Все перечисленные выше промышленные противообрастающие эмали представляют собой одноупаковочные материалы, имеющие низкие прочностные показатели и требующие предварительного грунтования. Стоимость импортных противообрастающих эмалей составляет от 3 до 4 тыс. руб. за кг.

В целях уменьшения экологической опасности для водной (морской) среды и ее обитателей ведутся разработки каучук-эпоксидных покрытий (КЭП) с пониженным содержанием закиси меди. Биологические испытания разрабатываемых покрытий в Белом и Черном морях показали, что частичное замещение закиси меди хлорорганическим соединением (ХОРС) фактически не ослабляло защитные свойства покрытий (табл. 3). Несмотря на снижение содержания закиси меди до 30% и менее, расчетные значения ПИ близки к уровню судовых противообрастающих красок с высоким содержанием меди. Снижение количества меди в 1,5–2 раза в каучук-эпоксидных покрытиях (по сравнению с судовыми красками) за счет замещения ее хлорорганическими соеди-

№ п/п	Противообрастающее вещество КЭП или судовая краска	Место испытания покрытия	ПИ
1	Противообрастающая краска Tiliux-33	БМ	0,99
2	Закись меди, 40%	БМ	0,97
3	Противообрастающая краска «Гамма-XP-5286 С»	БМ	0,94
4	Закись меди, 30% + ХОРС, 4,6%	БМ	0,92
5	Закись меди, 28,8% + ХОРС, 9,0%	ЧМ	0,89
6	Закись меди, 36%	ЧМ	0,82

Табл. 3. Значение противообрастающего индекса (ПИ) покрытия. Сокращения БМ — Белое море, ЧМ — Черное море

№ п/п	Условное название антиадгезива	Эффективная концентрация, ммоль/л	Время подавления прикрепления, мин	Обратимость подавляемых реакций
1	Л	0,2–1,0	1	полная
2	М	12,5–25	1–5	полная
3	К	15–25	1–10	полная

Табл. 4. Некоторые характеристики противоадгезионных веществ

нениями существенно уменьшает экологическую опасность защитных покрытий.

На основе результатов изучения адгезионных механизмов обрастателей были найдены условия, подавляющие прикрепление расселительных стадий основных обрастателей Белого моря. Антиадгезивы действовали безбицидно, т. е. не убивали организмы, но временно подавляли их прикрепление. После помещения в чистую морскую воду адгези-

№ п/п	Противообрастающее покрытие, условное название антиадгезива	ПИ
1	Судовая краска Tiliux-33	0,99
2	Судовая краска «Гамма-XP-5286 С»	0,94
3	«К»	0,81
4	«Л»	0,82
5	«М»	0,85

Табл. 5. Результаты испытаний каучук-эпоксидных противоадгезионных покрытий в Черном и Белом морях

онные и другие реакции обрастателей полностью восстанавливались, а жизнеспособность сохранялась (табл. 4).

Указанные противоадгезионные вещества были введены в каучук-эпоксидные покрытия. Испытания образцов таких покрытий в течение одного сезона (в период массового оседания обрастателей) в Белом и Черном морях показали их высокую эффективность (табл. 5).

На рис. 3–6 представлены образцы противообрастающих покрытий, в том числе промышленных, до и после натуральных испытаний.

Заключение

Подводя итог выполненной нами работы по разработке и исследованию противообрастающих покрытий, необходимо отметить следующее. Разработано противообрастающее защитное покрытие КЭЛТ-2, имеющее высокие химические, физико-механические, механо-климатические, электрические характеристики. Исследование противообрастающего действия разработанного покрытия в борельно-арктических (Белое море) и субтропических (Черное море) водах показало эффективность его использования для защиты от биообрастания.

Исследование защитного противообрастающего действия полимерных покрытий разного состава в борельно-арктических и субтропических водах показало эффективность использования для защиты от обрастания разработанных нами противоадгезионных веществ, совместимых с полимерным покрытием и препятствующих развитию обрастания. Дальнейшее совершенствование противоадгезионных покрытий небиицидного типа или покрытий, содержащих репелленты и малотоксичные противообрастающие вещества, разрушаемые микроорганизмами до безвредных продуктов, позволит создать высокотехнологичную и экологически безопасную защиту от морского обрастания.



Рис. 3. Стенды с образцами противообрастающих покрытий до (а) и после (б) испытаний. Белое море июль/сентябрь 2015 г.



Рис. 4. Образцы покрытий после испытаний (Белое море, июль-сентябрь 2015 г.): а) алюминиевая пластина без покрытия (контрольный образец); б) каучук-эпоксидное противообрастающее покрытие; в) промышленная судовая краска Тiйх 33 (образатели — мидии практически отсутствуют, однако заметны следы взаимодействия компонентов краски с морской водой)

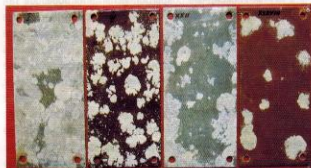


Рис. 5. Образцы каучук-эпоксидных противообрастающих покрытий (контрольный образец слева) после испытаний. Черное море, май-сентябрь 2013 г.

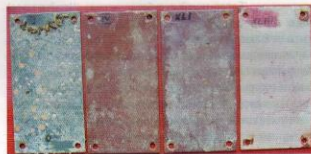


Рис. 6. Образцы каучук-эпоксидных противообрастающих покрытий (контрольный образец (грунтоочное покрытие) — слева, промышленная противообрастающая эмаль «Гамма-ХВ-5286-С» — справа) после испытаний. Белое море, июль-сентябрь 2013 г.

Приглашаем к сотрудничеству заинтересованных лиц для разработки новых эффективных противообрастающих покрытий и их биологических (лабораторных и натуральных) испытаний. www.biotor.ru

Литература

1. Лебедев Е. М. Ущерб от обрастаний и биоповреждений при отсутствии защиты или нарушении ее технологии // Биологические повреждения промышленных и строительных материалов. М.: Изд-во АН СССР, 1973. С. 224–249.
2. Парталы Е. М. Обрастание в Азовском море. Мариуполь: Рената, 2003. 378 с.
3. Парталы Е. М. Экология гидроида *Garveia franciscana* (Torrey) в Азовском море. Мариуполь: Новый мир, 2006. 185 с.
4. Звягинцев А. Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 432 с.
5. Зевина Г. Б. Биология морского обрастания. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. 135 с.
6. Раилкин А. И. Колонизация твердых тел бентосными организмами. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. 427 с.
7. Чендлер К. А. Коррозия судов и морских сооружений. Л.: Судостроение, 1988. 320 с.
8. Раилкин А. И., Твердов А. И., Отвалко Ж. А., Коротков С. И., Фомин С. Е. Оценка противообрастающих свойств материалов по показателям обилия многовидовых сообществ обрастания // Вода: химия и экология. 2015. № 7. С. 52–56.
9. Раилкин А. И., Чикадзе С. З., Шилова О. А. Морское биологическое обрастание и перспективы создания экологически безопасных противообрастающих покрытий // Фундаментальные основы инновационных биологических проектов в «Наугограде». СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. С. 210–231.
10. Раилкин А. И. Поведенческие и физиологические реакции гидроидных полипов и двусторчатых моллюсков на некоторые противообрастающие вещества // Зоол. журн. 1994. Т. 73. Вып. 7–8. С. 22–30.
11. Raikina A. I. The pattern of recovery of disturbed microbial communities inhabiting hard substrates // Hydrobiologia. 1998. Vol. 385. P. 47–57.
12. Программа и методики предварительных испытаний опытных образцов антиобрастающих и защитных покрытий. НМИУ. 313.01219 ПМ. 2013. 16 с.
13. Раилкин А. И., Бесядовский А. Р., Примаков И. М., Колдунов А. В. Взаимодействие прибрежных бентосных сообществ Белого моря с придонным слоем. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2012. 408 с.
14. Программа и методика натуральных испытаний антиобрастающих и защитных покрытий. ФГУП «НИИСК», 2013. 24 с.
15. Патент РФ на полезную модель № 68236 РФ, МКИ А 01 К 61/00. Устройство для биологических испытаний обрастания материалов и покрытий. /Раилкин А.И./ Приор. 02.07.2007, зарег. 27.11.2007.
16. Патент РФ № 1817852, МКИ А 01 К 61/00. Способ определения средней биомассы и плотности обрастания вертикальной и горизонтальной поверхности в воде, образующей продольное обтекание / Раилкин А.И./ Приор. 3.01.90, зарег. 11.10.1992.
17. Секрет производства (ноу-хау) «Технология производства и применения каучук-эпоксидного антиобрастающего и защитного покрытия КЭЛТ-2». Приказ директора ФГУП «НИИСК» о введении режима коммерческой тайны от 28.10.2013 № 198. Правообладатель: Российская Федерация.