

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ КОРРОЗИИ МОРСКИХ ГТС

УДК 626/627.33

Колгушкин Алексей Витальевич
Инженер-гидротехник ОАО «Ленморниипроект»

Беляев Николай Дмитриевич
Доцент кафедры гидротехнического строительства
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета,
кандидат технических наук

Общие сведения

Проблема борьбы с коррозией морских ГТС не потеряла своей актуальности и в XXI веке. За последние 50 лет все свайные основания морских причалов возводятся с использованием металла. Строительство причалов имеет и стратегическое значение для России, так как ее омывают двенадцать окраинных и одно внутреннее море: Каспийское, Азовское, Черное Балтийское, Белое, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Берингово, Охотское, Японское (рис. 1). Территория России простирается с запада на восток более чем на 10 тыс.км, а с севера на юг около 3 тыс.км. Климат морей значительно различается, некоторые данные для сравнения приведены в табл. 1.

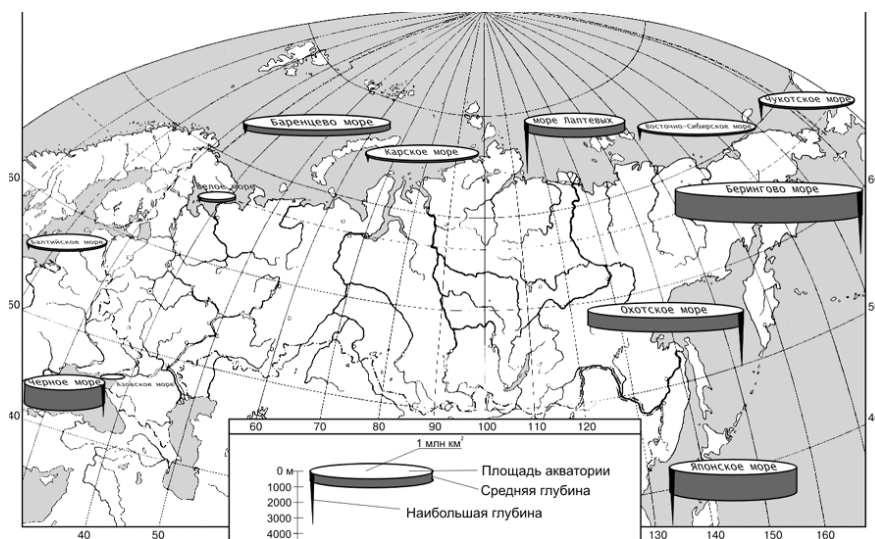


Рис. 1. Моря, омывающие Россию [1]

Таблица 1

Средний перепад некоторых климатических данных,
влияющих на коррозию металла в морях России

Моря	Тип моря	Средняя температура воды, °С		Солёность, ‰
		Янв.-февр.	Июль-авг.	
Каспийское	Море-озеро	0÷+10	+24÷+28	3-13,0
Азовское	Внутреннее	~0	+23÷+24	1-13,8
Чёрное	Внутреннее	-0,5÷+7	+25÷+26	13-18
Балтийское	Внутреннее	~0	+15÷+17	3-20
Белое	Внутреннее	-0,5÷-1,9	+5÷+7	21-34
Баренцево	Материково-окраинное	-1÷+5	+5÷+10	30-35
Карское	Материково-окраинное	-1,5÷+1,7	0÷+6	3-34
Лаптевых	Материково-окраинное	-0,8÷+1,7	+0,8÷+10	1-32
Восточно-Сибирское	Материково-окраинное	-0,2÷+1,7	0÷+8	4-32
Чукотское	Материково-окраинное	-1,6÷+1,8	-2÷+4	24-33,5
Берингово	Окраинное, смешанное материково-океанического типа	-1,5÷+3	+4÷+11	28-33
Охотское	Окраинное, смешанное материково-океанического типа	-1,5÷+1,8	+2÷+15	7-34
Японское	Окраинное, океаническое	0÷+4	+18÷+27	27-34,3

Причальный фронт морских портов России характеризуется большим разнообразием конструкций гидротехнических сооружений (рис. 2).

Порты современной России можно распределить по морским бассейнам:

- Северный бассейн: Амдерма, Архангельск, Витино, Диксон, Дудинка, Кандалакша, Кемь, Мезень, Мурманск, Нарьян-Мар, Онега, Тикси, Хатанга, Умба.
- Балтийский бассейн: Выборг, Высоцк, Калининград, Кронштадт, Ломоносов, Санкт-Петербург, Приморск, Усть-Луга.
- Черноморско-Азовский бассейн: Анапа, Геленджик, Кавказ, Темрюк, Новороссийск, Сочи, Таганрог, Туапсе, Ейск, Азов.

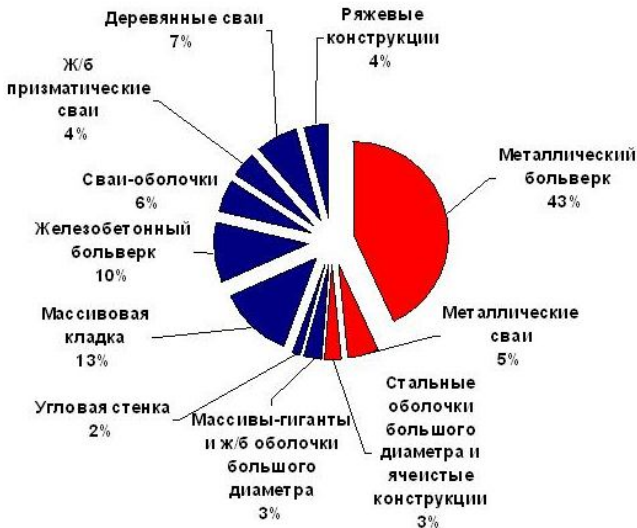


Рис. 2. Конструктивный состав причального фронта морских торговых портов России в 1994-2004 гг. [2]

Различные климатические условия районов расположения причалов существенно отражаются на выборе варианта конструкции и способа защиты материалов конструкции от воздействия морской воды.

Согласно СНиП 33-01-2003 [3], конструкции и основания гидротехнических сооружений, как правило, надлежит проектировать таким образом, чтобы условие недопущения наступления предельных состояний соблюдалось на всех этапах строительства и эксплуатации, в том числе и в конце назначенного срока их службы.

При этом назначенные сроки службы основных ГТС в зависимости от их класса должны быть не менее расчетных сроков службы, которые принимают равными: для сооружений I и II классов – 100 лет; III и IV классов – 50 лет.

В целях поддержания морских причалов в исправном состоянии и обеспечения их бесперебойной эксплуатации Минтрансом РФ в 1994 г. была введена система технического контроля, в соответствии с которой гидротехнические сооружения подлежат паспортизации и освидетельствованию. Срок действия Декларации освидетельствования при исправном или работоспособном состоянии составляет в соответствии с требованиями СтП РМП 31.01-2007 – 5 лет. При ограниченно работоспособном состоянии срок действия Декларации освидетельствования увязывается с обязательным выполнением работ по восстановлению работоспособности сооружения.

Принятые меры улучшили техническое состояние гидротехнических сооружений. При этом документальной основой контроля за технической эксплуатацией сооружений и учёта его результатов является Реестр гидротехнических сооружений морского транспорта, который создан и ведётся ФГУП «Росморпорт».

Необходимость антикоррозионной защиты свайных оснований морских причалов может быть проиллюстрирована состоянием построенных конструкций (рис. 3). На приведённых снимках показаны типичные коррозионные разрушения углеродистых и низколегированных сталей, эксплуатирующихся в морских условиях.

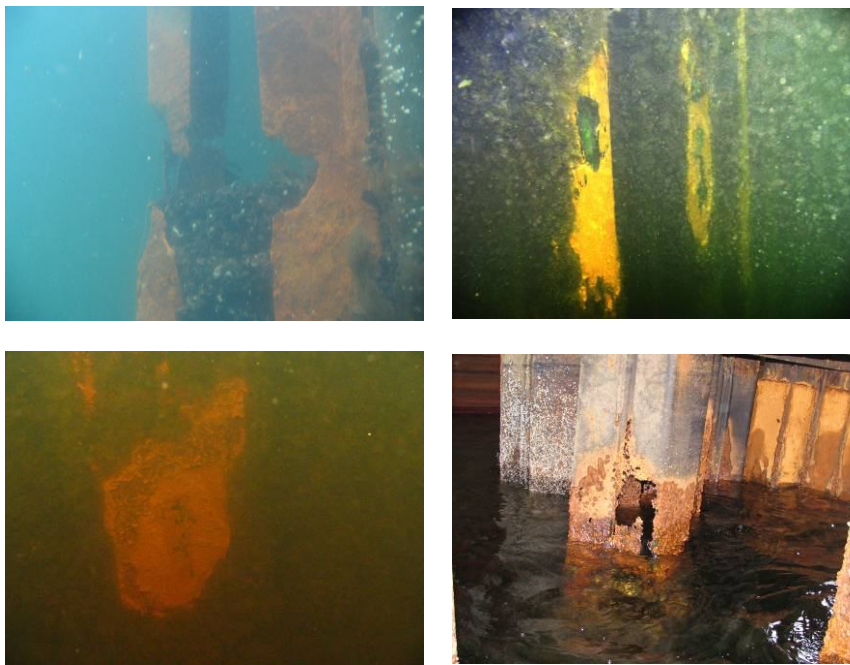


Рис. 3. Коррозионные повреждения морских сооружений

В зависимости от места эксплуатации скорость коррозионных процессов и характер коррозионных разрушений для углеродистых и низколегированных сталей изменяется в широких пределах. В качестве первого примера рассмотрим несколько однотипных сооружений построенных в Финском заливе (табл. 2). Три причала построены в одно и то же время из одной марки стали, и скорости их коррозионных разрушений близки и составляют 0,06-0,07 мм/год. При этом остается неизвестным, покрывался ли данный шпунт антикоррозионной защитой.

Таблица 2

Данные о коррозионных разрушениях причалов в Финском заливе

Местоположение, бассейн	Год постройки	Материалы, профиль	Год измерений	Потери толщины стали по высоте
Санкт-Петербургский порт	1959	Ларсен-IV	2006	Потеря металла по толщине на отметке минус 2,00 составляют в среднем 3,00 мм, что составляет 20% номинальной толщины. Имеются поперечные трещины в полках шпунта свай выше зоны переменного уровня
	1959	Ларсен-IV	2006	Потеря металла по толщине на отметке минус 2,00 составляют в среднем 3,40 мм, что составляет 22,8% номинальной толщины. Имеются поперечные трещины в полках шпунта свай выше зоны переменного уровня
	1959	Ларсен-IV	2006	Потеря металла по толщине на отметке минус 2,00 составляет в среднем 3,30 мм, что составляет 22,7% номинальной толщины

Сравним скорость коррозии в Финском заливе с данными, полученными в результате обследований причалов в других регионах. Если проанализировать данные табл. 3, можно прийти к выводу, что скорости коррозии у рассмотренных сооружений составляют соответственно 0,47 мм/год (Кольский залив); 0,015-0,06 мм/год (Балтийское море); 0,28-0,34 мм/год (река Кузнечка в Архангельской области).

Разница в скоростях коррозии напрямую связана с географическим положением сооружения, а точнее с микроклиматом акватории.

Таблица 3

Данные о коррозионных разрушениях причалов различных бассейнов

Местоположение, бассейн	Год постройки	Материалы, профиль	Год измерений	Потери толщины стали по высоте
Мурманск, Кольский залив	1975 построен, 1986 реконструкция	Ларсен-V	2005	Зона максимальной коррозии располагается на отметках от 0,000 до +1,000 м от НТУ Кольского залива. Потери металла по толщине в среднем составили 14,2 мм, что составляет 68% номинальной толщины

Местоположение, бассейн	Год постройки	Материалы, профиль	Год измерений	Потери толщины стали по высоте
Клайпеда, Балтийское море	1970	Ларсен-V	2003	Стальной шпунт имеет потери металла по толщине в зоне переменного уровня воды, которые составляют в среднем 0,5-2,00 мм, что составляет 5-10% номинальной толщины
Архангельск, р. Кузнечка	1979 построен, 2004 реконструкция	Ларсен-V	2005	Стальной шпунт имеет потери металла по толщине в зоне переменного уровня воды, которые составляют в среднем 7,4-8,8 мм, что составляет 35-42% номинальной толщины

Влияние температуры

Скорость электрохимической коррозии с повышением температуры обычно возрастает. На примере Баренцева моря рассмотрим более детально влияние изменчивости температурных перепадов, на свайное основание типовой конструкции причала эстакадного типа. Температура поверхности сооружения изменяется в зависимости от высоты сооружения (рис. 4). Можно выделить четыре уровня изменения температуры сооружения:

- температура воздуха над акваторией;
- температура слоя ветрового перемешивания;
- температура слоя сезонного термоклина;
- температура слоя донных грунтов.

Характерные значения колебаний температуры воды, обусловленные приливной изменчивостью, составляют 0,2-0,5°C в однородных слоях и до 1,0-1,5°C – в слое термоклина [4].

Основное влияние на ускорение коррозии стали в природных средах оказывает концентрация кислорода, и скорость его диффузии через границу раздела фаз газ-жидкость. Способствует же началу коррозионного разрушения возникновение термогальванических пар из-за неодинаковой температуры отдельных участков одного и того же металла конструкции. Более нагретый участок металла, как правило, является анодным и подвергается более сильной коррозии. Данный процесс протекает в зоне брызг и переменном уровне морских причалов. На рис. 5 показана начальная стадия коррозионного разрушения.

Влияние температуры в подводной зоне на скорость коррозии незначительное, так как там нет таких резких перепадов температуры, как в атмосферном воздухе.

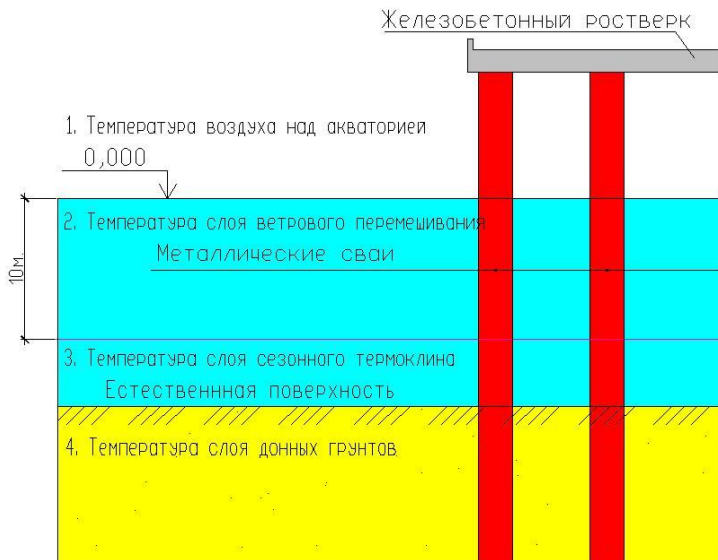


Рис. 4. Зависимость изменения температуры поверхности сооружения от климата моря



Рис. 5. Коррозия в зоне брызг

Влияние солёности

Особенности морской воды как коррозионной среды определяются значительным содержанием в ней солей. Солёность и состав воды внутренних морей могут иметь достаточно большие колебания (табл. 4). Как правило, колебания солёности морской воды связаны с речным стоком, в северных морях это связано и с лёдообразованием.

Таблица 4

Основные компоненты солевого состава морской воды

Соль	%	Соль	%
NaCl	77,8	K ₂ SO ₄	2,5
MgCl ₂	10,9	CaCO ₃	0,3
MgSO ₄	4,7	MgBr ₂	0,2
CaSO ₄	3,6		

Общее высокое содержание хорошо диссоциированных солей делает морскую воду электролитом с высокой электропроводностью. Удельная электропроводность морской воды составляет около $2,5-3,0 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ (для общей солёности 2-3%).

Большое содержание хлор-иона сообщает морской воде повышенную коррозионную активность по отношению к большинству современных конструкционных металлов. Например, для высоколегированных хромом сталей пассивное состояние в морской воде является не вполне устойчивым, из-за чего возможно появление питтинговой коррозии. А установление пассивного состояния для железа, низколегированных и среднелегированных сталей является невозможным в морской воде [5].

Влияние течений

При строительстве морских причалов происходят изменения береговой линии и хода вдольбереговых течений. В связи с тем, что морская коррозия идёт с кислородной деполяризацией и преимущественно с диффузионным контролем доставки кислорода к катодам корродирующей поверхности, то очевидно, что перемешивание или увеличение скорости движения морской воды будет одним из основных факторов ускорения коррозионного процесса.

Актуальность

Как видно из данных, представленных на рис. 2, 51% всех конструкций причального фронта имеют металлическое основание. На рис. 6 представлены данные по проектируемым и уже построенным за период с

2000 по 2009 год причальным сооружениям на побережье Финского залива. Все эти сооружения возводились на металлическом свайном основании, с использованием различных систем антикоррозионной защиты.



Рис. 6. Конструкции гидротехнических сооружений, построенных на побережье Финского залива с 2000 по 2009 год

Выводы

Следует отметить, что в Паспортах причалов крайне редко приводится информация о системах антикоррозионной защиты. Обязательное включение такого пункта позволило бы исследовать стойкость антикоррозионных покрытий в различных климатических широтах в реальных условиях.

Коррозионные разрушения металлических элементов определяют множеством факторов, которые необходимо учитывать на стадиях проектирования и строительства. Если проводить параллель между морскими причалами и другими конструкциями, эксплуатируемыми в море, то можно прийти к выводу, что такие же коррозионные воздействия испытывают и платформы для освоения шельфа. Расчетные скорости коррозии углеродистых и низколегированных сталей приведены в Правилах Российского морского регистра судоходства [6]: скорость коррозии принимается по данным об износе выбранных сталей в условиях, соответствующих условиям эксплуатации плавучих буровых установок и морских стационарных платформ без учета положительного влияния защитных мероприятий по уменьшению износа. Данный опыт необходимо использовать и при проектировании металлических свайных оснований морских причалов, наряду с применением современных систем антикоррозионной защиты.

Библиографический список

1. <http://geo.1september.ru/articlef.php?ID=200600607>
2. Цыкало В.В. Состояние причального фронта морских портов России // Наука и техника транспорта, 2005 №2. Москва, с. 63-70.
3. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. – М.: Госстрой России, 2004.
4. Баренцево море, т. 1, вып. 1. В кн. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1990.
5. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. М.: Изд. АН СССР, 1959.
6. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). Российский морской регистр судоходства. Санкт-Петербург, 2001.