УДК 628.1; 620.197

[0000-0002-8775-2744] **И. М. Астрелин,** *д.т.н., профессор,*
[0000-0002-2997-1295] **Ю. С. Герасименко,** *д.т.н., профессор,*
[0000-0003-2-401-192X] **Н. А. Белоусова,** *к.т.н.,*
[0000-0002-9795-7110] **И. В. Косогина,** *к.т.н., доцент*
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
пр-т Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ВОДЫ

Предложено определять относительную коррозионную активность (коррозивность) водной среды как скорость коррозии металла на начальном этапе его контакта со средой в условиях отсутствия потока и при постоянной температуре 25 °С. Особенность методики заключалась в том, что измеряли мгновенные значения поляризационного сопротивления на свежезачищенной поверхности металла и получали значения скорости коррозии, используя коэффициент пересчета 104 Ом·мм/год. Установлено, что минерализация воды существенно влияет на ее коррозионную активность и стабильность. В зависимости от содержания анионов в воде и их конкурирующей адсорбции, которая приводит к десорбции диполей воды на поверхности металла и устранению кислородного барьера, скорость восстановления кислорода может увеличиваться, и, соответственно, увеличивается скорость коррозии металла. Зависимость коррозивности слабоминерализованной воды от концентрации растворенного кислорода является линейной и экстраполируется на нуль.

Ключевые слова: *коррозионная активность, скорость коррозии, поляризационное сопротивление, минерализация воды, стабильность воды, сточная вода.*

У статті з'ясовано кількісні характеристики корозійної активності води різної мінералізації й генезису відносно сталі з малим вмістом вуглецю. Запропоновано визначати відносну корозійну активність (корозивність) водного середовища як швидкість корозії металу на початковому етапі його контакту з середовищем в умовах відсутності потоку і при постійній температурі 25°С. Особливість методики полягала в тому, що вимірювали миттєві значення поляризаційного опору на свіжозачищеній поверхні металу і отримували значення швидкості корозії, використовуючи коефіцієнт перерахунку 104 Ом·мм/рік. Встановлено, що мінералізація води суттєво впливає на її корозійну активність і стабільність. Залежно від вмісту аніонів у воді і їх конкуруючої адсорбції, яка приводить до десорбції диполів води на поверхні металу і усунення кисневого бар'єру, швидкість відновлення кисню може збільшуватися, і, відповідно, збільшується швидкість корозії металу. Залежність корозивності слабомінералізованої води від концентрації розчиненого кисню є лінійною і екстраполюється на нуль. Отримано кількісні характеристики корозійної активності води різного походження відносно сталі 20, а також розчинів середніх солей з активуючими и пасивуючими властивостями. Досліджено воду з криниць, артезіанську воду, мінеральні бутильовані негазовані води, піддано аналізу води технологічних систем: водопровідну воду (дніпровського і деснянського водозаборів) і стічну воду Бортницької станції аерації, а також модельну морську воду. Корозивність води знаходиться в діапазоні від 0,281 мм/рік (трускавецька вода) до 0,141 мм/рік (моршинська вода). Корозивність слабомінерализованої аерованої води – 0,145 мм/рік; корозивність стічної води в процесі біохімічного очищення найбільша – до 0,4 мм/рік. По мірі відстоювання стічної води її корозивність зменшилась удвічі.

Ключові слова: *корозійна активність, швидкість корозії, поляризаційний опір, мінералізація води, стабільність води, стічна вода.*

Введение. Многообразие использования природной воды как в быту, так и в промышленности определяется ее свойствами и качеством. Одним из таких свойств является коррозионная активность воды как составляющая стабильности воды, зависящей от равновесия в воде между солями жесткости и углекислотой. Самопроизвольные процессы восстановления равновесия, которые сопровождаются либо выделением в осадок твердой фазы, либо ее растворением, приводят к изменению коррозионной активности. Наличие в воде окисляемых органических и неорганических веществ (окисляемость) также влияет на ее коррозионную активность. Согласно международному стандарту терминов ISO 8044:2015 коррозионная активность (коррозивность) – это способность среды вызывать коррозию в определенной коррозионной системе [1]. Для водных систем определение коррозивности по ASTM D2688 (Standard Test Method for Corrosivity of Water in the Absence

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

of Heat Transfer (Weight Loss Method – Стандартный метод испытаний на коррозионную активность воды при отсутствии теплопередачи (метод весовых потерь)) следует рассматривать как неотделимое свойство для воды и материалов, с которыми она контактирует. Поэтому коррозионную активность воды или коррозионную стойкость материала следует определять в относительных, а не абсолютных условиях. Относительная коррозионная активность может быть установлена сравнением скорости коррозии определенного металла в водах разного состава. С другой стороны, вода одного и того же состава будет иметь неодинаковую коррозионную активность по отношению к различным металлам [2-5].

Поскольку коррозивность является относительной величиной, то количественно ее можно характеризовать как скорость коррозии металла на начальном этапе его контакта со средой в условиях отсутствия потока и при постоянной температуре. Оперативно измерить величину коррозивности можно с помощью электрохимического метода поляризационного сопротивления (*Rp)* и приборов-индикаторов скорости коррозии [4-6]. Измерения методом *Rp* позволяют получать мгновенные значения скорости коррозии в реальном времени. Согласно стандарту ДСТУ 3895-99 [7] этот метод предлагается для оценки эффективности ингибиторов для водных сред, которая определяется сравнением данных скорости коррозии в воде в присутствии ингибитора и без него по поляризационному сопротивлению.

Цель работы – определить количественные характеристики коррозионной активности воды различной минерализации и генезиса по отношению к малоуглеродистой стали, а также оценить влияние на коррозивность растворенного кислорода и анионов, проявляющих активирующие и пассивирующие свойства.

Методика эксперимента:

Материалы:

- вода подземных источников: колодезная (до 20 м), вода артезианской скважины (до 50 м), минеральная негазированная бутилированная вода «Бонаква», «Бювет-витал», «Миргородская», «Моршинская», «Тростянецкая»;

- модельная морская вода (NaCl – 27,01 г, $MgCl_2$ – 3,78 г, $MgSO_4$ – 1,69 г, $CaSO_4$ – 1,25 г, K_2SO_4 – 0,87 г, $CaCO_3$ – 0,1 г) [8];

- вода технологических систем: водопроводная вода (днепровская и деснянская) и сточная вода 1 и 2-й ступени очистки Бортнической станции аэрации (БСА).

Анализы водопроводной и сточной воды проведены в специализированной лаборатории. В отдельных случаях солесодержание определяли с помощью портативного солемера “TDS meter”.

Для получения данных о коррозивности воды с помощью индикатора поляризационного сопротивления P5126 в прибор необходимо ввести значение коэффициента пересчета *K* поляризационного сопротивления на скорость коррозии. Сущность метода *Rp* заключается в пропускании через металлические электроды, находящиеся в электропроводной среде, внешнего поляризующего тока ΔI, измерении поляризации ΔE и определении поляризационного сопротивления *Rp* по формуле

$$R_p = \frac{\Delta E}{\Delta I}, \text{Ом} \quad (1)$$

где $\Delta E = E_i - E_{cor}$, E_i – потенциал электрода под током, E_{cor} – потенциал свободной коррозии. При этом величина R_p обратно пропорциональна скорости коррозии металла:

$$I_{cor} = \frac{K}{R_p} \quad (2)$$

где *K* – эмпирический коэффициент пересчета в Ом·мм/год, I_{cor} – скорость коррозии в мм/год.

Из теории метода поляризационного сопротивления известно [6], что величина коэффициента *K*, в свою очередь, зависит от механизма частных коррозионных анодной (3) и катодной (4) реакций, представленных в упрощенном виде уравнениями:

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e, \quad (3)$$

$$O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-. \quad (4)$$

Если механизм коррозии не меняется под воздействием коррозионной среды, то значение коэффициента *K*, которое вводится в прибор для автоматического пересчета *Rp* на скорость коррозии, можно считать постоянным и получить следующим образом. В отдельном опыте на четырех парах электродов из малоуглеродистой стали 20 в водопроводной воде при температуре 25 °С периодически измеряли мгновенные значения *Rp* и были получены средние значения за 100 часов эксперимента. Массометрическим методом по коррозионной потере массы в том же опыте найдена средняя скорость коррозии каждой пары электродов за все время эксперимента. Произведение ее на среднее значение *Rp* дает коэффициент пересчета *K* в Ом·мм/год (таблица 1).

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

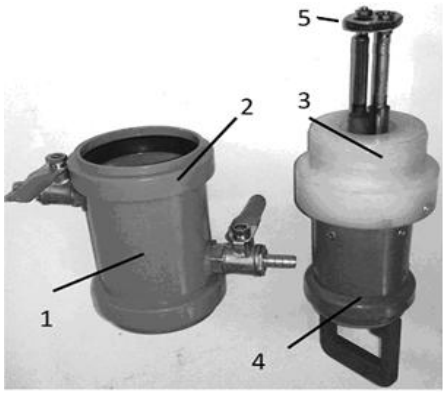
Таблица 1 – **Исходные данные для установления значения коэффициента пересчета поляризационного сопротивления на скорость коррозии**

№ пары электродов	Среднее значение поляризационного сопротивления, Ом	Средняя скорость коррозии по массометрии, мм/год	Коэффициент пересчета *K*, Ом·мм/год
1	645	0,162	105
2	714	0,154	110
3	857	0,114	97
4	839	0,126	105
Среднее значение коэффициента *K*			104

Как видно из результатов, значения коэффициента *K* очень близки, поэтому их можно усреднить.

Ячейка для измерения коррозивности оснащена датчиком ДК-1 с двумя металлическими электродами, входным и выходным шаровыми кранами и имеет подвижную резиновую диафрагму в нижней части, что позволяет избегать «подсоса» воздуха после закрытия кранов и изменения температуры ячейки при термостатировании. Тесты проводили с помощью трех ячеек одновременно с одной и той же водной средой.

Методика определения коррозивности была следующей. Электроды датчиков ДК-1 (сталь 20 с размерами: диаметр электрода – 6 мм, длина – 31 мм) перед опытом зачищали до блеска наждачной бумагой Р800 с помощью вращательного устройства. Емкость с исследуемой водной средой объемом 0,5 дм^3 термостатировали при 25 ^{0}С и аэрировали продувкой воздуха с помощью компрессора в течение 15 минут для того, чтобы различные воды привести к одинаковым условиям по содержанию кислорода. После чего воду разливали в три отдельные ячейки (рисунок 1).



1 – корпус ячейки, 2 – кольцо уплотнения, 3 – герметичная пробка, 4 – устройство механической прочистки, 5 – резиновое кольцо для прочистки электродов

Рисунок 1 – Электрохимическая ячейка

Датчики ДК-1 вставляли в ячейку и подсоединяли к соответствующим контактам индикатора Р5126. Переключая каналы, последовательно измеряли мгновенные значения *Rp* электродов в каждой ячейке несколько раз и усредняли их. Прочистными устройствами очищали все электроды трижды и повторяли измерения. Усредненное значение *Rp* для исследуемой водной среды пересчитывали в коррозивность согласно формуле (2). Необходимость прочисток поверхности электродов резиновым слабоабразивным материалом непосредственно перед измерением коррозивности связана с удалением продуктов коррозии, которые образуются на поверхности после контакта с водной средой и меняют ее исходное состояние, блокируя доступ кислорода.

Результаты и обсуждение. Влияние окислителя на коррозионную активность воды. Известно, что скорость коррозии зависит от нескольких факторов: состава среды, наличия и количества деполяризатора (в воде это растворенный кислород, концентрация которого в открытых системах составляет в среднем 8-12 мг/дм^3), температуры, наличия потока или перемешивания. Важно также состояние поверхности корродирующего металла. Например, чистая начальная поверхность стали покрывается продуктами коррозии – малорастворимыми гидроксидами железа, и поэтому скорость коррозии с течением времени снижается. С помощью разработанной ячейки установлена зависимость коррозивности водопроводной воды (солесодержание – 257 мг/дм^3) от концентрации кислорода при температуре 25 °С без потока (рисунок 2). Зависимость является линейной, проходит через ноль координат и закономерно возрастает с ростом концентрации деполяризатора.

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

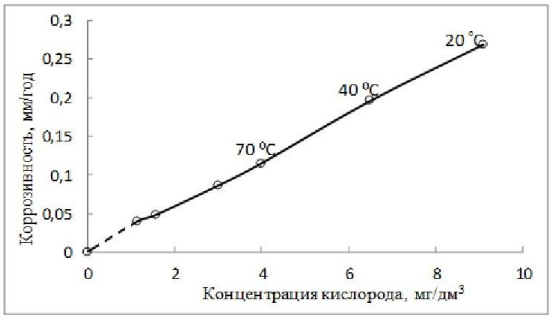


Рисунок 2 – Влияние концентрации кислорода на коррозивность воды

Точки в диапазоне концентрации кислорода от 4,0 до 9,1 мг/дм^3 получены путем измерения коррозивности воды, предварительно выдержанной в равновесии с воздухом при температурах 70, 40 и 20 °С. Концентрация кислорода в этих точках соответствовала справочным данным [9] с учетом коэффициента абсорбции Бунзена – по объему газа, поглощенного единицей объема жидкости при нормальных условиях. Такой подход выбран в связи с тем, что с повышением температуры концентрация кислорода в растворе закономерно снижается. Точки коррозивности воды при концентрации кислорода ниже 4,0 мг/дм^3 получены измерением в смесях деаэрированной воды (из районной городской котельной с концентрацией кислорода 0,05 мг/дм^3), в которую вводили определенный объем аэрированной воды, рассчитанный по необходимому количеству кислорода.

Коррозионная активность водных сред разного минерального состава. С помощью разработанной методики были определены значения коррозивности воды технологических систем, а именно водопроводной воды, воды из колодца и артезианской скважины, модельной морской воды и известных питьевых вод (негазированных).

Полученные значения коррозивности при 25 ^{0}С приведены в таблице 2. Как видно из таблицы, большинство вод по показателю pH можно отнести к нейтральным. Стабильность воды, выраженная через коррозивность, меняется по показателям почти вдвое, причем солесодержание вод находится в пределах 200-400 мг/дм^3, за исключением модельной морской, жесткой и сточной воды.

Таблица 2 – **Коррозивность водных сред по отношению к малоуглеродистой стали 20**

Водная среда	pH	Солесодержание, мг/дм^3	Хлориды, мг/дм^3	Сульфаты, мг/дм^3	Коррозивность, мм/год
Деснянская водопроводная	7,1	266	22,8	34,6	0,167
Днепровская водопроводная	7,0	199	16-18	≤20	0,145
Морская вода (модельная)	9,2	31000	19200	2660	0,233
Жесткая вода (колодец)	8,2	1020	129,6	96,0	0,224
Оболонская (артезиан. скважина)	7,5	279			0,220
«Бонаква»	7,2	425			0,219
«Бювет-витал»	7,3	373	> 50	>100	0,243
«Миргородская»	7,2	312	>50	> 50	0,190
«Моршинская»	6,9	100	> 60	> 100	0,141
«Прозора»	7,1	202			0,201
«Трускавецкая»	7,1	392	7,6	53,8	0,281
Сточная вода БСА 1-й ст. очистки*	7,07	549	~ 120	20,9	0,130
Сточная вода БСА 2-й ст. очистки*	7,07	549	~ 120	20,9	0,364

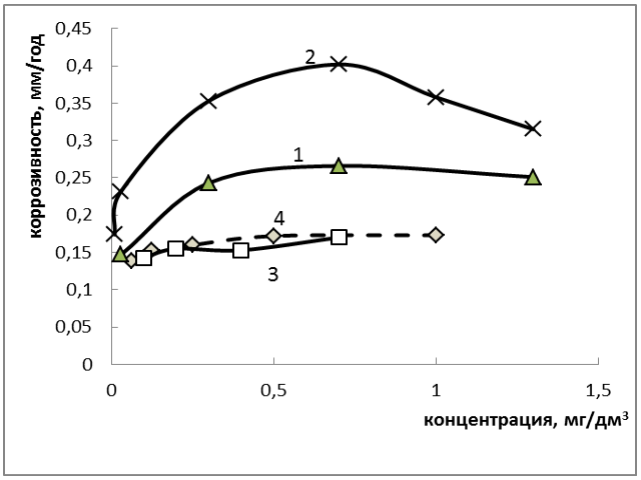
*показатель окисляемости – 231,9 мг/дм^3

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

Наибольший показатель коррозионной активности имеет сточная вода 2-й ступени очистки в (0,33-0,41 мм/год), поскольку в процессе биохимической очистки в аэротэнке в воде существенно увеличивается концентрация растворенного кислорода. При этом коррозивность сточной воды 1-й ступени очистки находится на уровне 0,130 мм/год. Данные показатели измерили в день отбора пробы воды. Следует отметить, что после отстаивания воды в лаборатории в течение 10 дней значения коррозивности обеих вод практически сравнялись до 0,23-0,24 мм/год. Это значение находится в пределах коррозивности воды рассмотренных объектов.

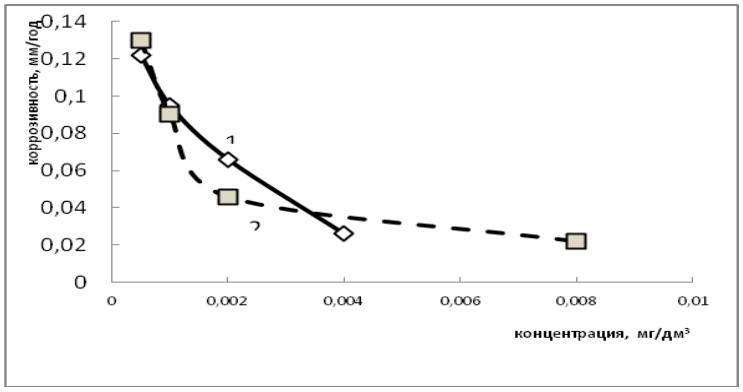
Если рассмотреть влияние на коррозивность воды активирующих коррозию анионов хлорида и сульфата, то обнаруживается некоторое противоречие. Так, содержание хлоридов и сульфатов в днепровской или деснянской водопроводных водах небольшое, и ее коррозивность также относительно невелика. Однако, несмотря на гораздо меньшее содержание этих анионов в трускавецкой воде по сравнению с морской или жесткой водами, ее коррозивность значительно выше. Учитывая этот факт, было проведено исследование влияния на коррозивность воды отдельных анионов в минимальных концентрациях.

Концентрационные зависимости получали для активаторов коррозии – хлорида и сульфата натрия, для нейтральной соли (нитрата натрия) и пассиваторов (нитрита натрия, хромата калия). В опытах использовали соли марки «чда» и дистиллированную воду. Определение коррозивности растворов проводили по той же методике. Полученные результаты приведены на рисунках 3 и 4. Из рисунка 3 видно, что коррозивность растворов средних (нормальных) солей по-разному изменяется с концентрацией соли.



1 – NaCl; 2 – Na_2SO_4; 3 – $NaNO_3$; 4 – $Ca(NO_3)_2$

Рисунок 3 – Влияние концентрации кислорода на коррозивность воды



1 – $NaNO_2$, 2 – $KCrO_4$

Рисунок 4 – Концентрационные зависимости коррозивности для пассиваторов

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

Для нитратов натрия и кальция она почти неизменна, а для активатора хлорида натрия она возрастает в 1,7 раза при изменении концентрации соли на порядок, тогда как для сульфата натрия увеличивается в 2,3 раза. С увеличением концентрации пассиваторов коррозивность существенно уменьшается (рисунок 4), поскольку металл (сталь 20) закономерно переходит из активного состояния в пассивное, и скорость коррозии значительно снижается.

Необходимо отметить, что при снижении концентрации солей коррозивность растворов приближается к одному значению 0,145±0,005 мм/год. Это значение можно считать характеристической величиной и действительным значением коррозивности для чистой аэрированной воды при 25 ^{0}С в стационарных условиях по отношению к малоуглеродистой стали. Как видно из результатов, при появлении в воде хлоридов или сульфатных ионов коррозивность воды увеличивается. О такой зависимости известно из литературы [10]. При адсорбции хлоридных или сульфатных ионов часть диполей воды десорбируется из адсорбционного слоя, поскольку сродство большинства металлов к хлору больше, чем к кислороду. В результате ионы хлорида или сульфата будут препятствовать образованию кислородного барьера диполей воды, поэтому скорость анодной реакции (3) станет расти и, соответственно, будет увеличиваться скорость коррозии металла. Конкурирующая адсорбция хлорид- и сульфат-анионов, которая зависит от соотношения их содержания в воде [11], является основным фактором, который будет влиять на ее коррозивность и стабильность. Что касается влияния нитратных ионов, то их адсорбция на металле не отличается от адсорбции диполей воды. Нитрат-ионы также адсорбируются кислородом к поверхности металла и, поэтому, скорость коррозии не будет меняться.

Поскольку коррозионная активность воды в процессе ее обработки на водопроводных станциях может существенно изменяться, то определение степени коррозивности воды различного назначения играет важную роль. Учитывая, что транспортировка воды осуществляется водопроводами, изготовленными, в основном, из стали, чугуна, железобетона без защитных покрытий, то интенсивность коррозионных процессов и вторичное загрязнение воды продуктами коррозии являются первостепенными факторами, влияющими на ее качество. Определение коррозивности воды особенно важно для коммунальных предприятий водо- и теплоснабжения, в частности, при обескислороживании воды в системах теплоснабжения как термическим, так и химическим методом сульфитирования. Согласно требованиям к качеству воды количество кислорода, растворенного в воде тепловой сети, не должно превышать 50 мкг/дм^3. Соответственно, коррозивность воды должна быть низкой и не выше 0,05 мм/год, что требуется нормативными документами [12]. Применение регулярного контроля коррозивности воды систем тепло-водоснабжения совместно со средствами противокоррозионной защиты будет способствовать не только сокращению аварий по причине коррозии, но и улучшению качества услуг для населения.

Выводы:

1. Предложено определять характеристическую величину коррозивности воды по отношению к неокисленной поверхности металла (малоуглеродистой стали 20) при 25 ^{0}С в стационарных условиях. Найдено, что коррозивность чистой аэрированной воды соответствует 0,145 ± 0,005 мм/год.

2. Установлено, что количественные характеристики коррозивности водных сред находятся в диапазоне от 0,281 мм/год (трускавецкая вода) до 0,141 мм/год (моршинская вода). Коррозивность водопроводной воды – деснянской и днепровской – находится на низком уровне (0,167 и 0,145 мм/год соответственно). Наиболее коррозионно-активной является сточная вода в процессе аэрации при биохимической очистке.

3. Получена линейная зависимость коррозивности водопроводной воды от концентрации растворенного кислорода, которая экстраполируется на нулевое значение при его нулевой концентрации.

4. Установлено, что минерализация воды существенно влияет на ее коррозионную активность и стабильность. В зависимости от содержания анионов в воде и их конкурирующей адсорбции, которая приводит к десорбции диполей воды на поверхности металла и устранению кислородного барьера, скорость восстановления кислорода может увеличиваться, и, соответственно, увеличивается скорость коррозии.

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

Список литературы

[1] М. С. Блантер, В. Я. Кершенбаум, Г. Г. Мухин и др., *Терминологический словарь «Металлы»*: в 2 т. Москва, Россия – Запорожье, Украина: Мотор-Сич, 2005.

[2] A. A. Gallegos, S. S. Martinez, and J. L. Ramirez Reyes, "Evaluation of water corrosivity using a corrosion rate model for a cooling water system", *Journal of New Materials for Electrochemical Systems*, no. 8, pp. 133-142, 2005.

[3] А. Т. Тамазашвілі, Ю. І. Мазна, К. А. Малихіна, та М. Д. Гомеля, "Оцінка впливу фізико-хімічних факторів на корозійну активність води", *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 5/6, с. 15-19, 2013.

[4] Н. А. Белоусова, М. И. Донченко, Ю. С. Герасименко, и Р. М. Редько, "Экологически безопасные способы защиты стали от коррозии в воде. Влияние минерализации воды на коррозию малоуглеродистой стали", *Экотехнологии и ресурсосбережение*, № 4, с. 33-37, 2010.

[5] Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, и А. М. Рубашов, *Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей*, 2-е изд., перераб. и доп. Москва, Россия: Новости теплоснабжения, 2008.

[6] Ф. Мансфельд, "Определение тока коррозии методом поляризационного сопротивления", в *Достижения науки о коррозии и технологии защиты от нее*, М. Фонтана, Р. Стэйл, Ред., т. 6. Москва, Россия: Металлургия, 1980. С. 180-265.

[7] ДСТУ 3895-99 (международный ГОСТ 9.514-99) "Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Электрохимический метод определения защитной способности".

[8] А. М. Гриценко, и В. Н. Степанов, "Водный баланс Мирового океана и его роль в планетарных процессах", *Изв. АН СССР, серия геогр.*, № 6, с. 19-25, 1980.

[9] Справочник химика, т. 3. Москва, Россия: Химия, 1968, с. 316-317.

[10] Н. П. Лапотышкина, и Р. П. Сазонов, *Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей*, Москва, Россия: Энергоиздат, 1982.

[11] И. Л. Розенфельд, *Ингибиторы коррозии*. Москва, Россия: Химия, 1977.

[12] Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. Затв. 14.02.2007. № 71/М / М-во палива і енергетики України. Харків, Україна: Індустрія, 2007.

References

[1] M. S. Blanter, V. Ya. Kershenbaum, G. G. Mukhin et alr. *Terminological dictionary "Metals"*: in 2 vol. Moscow, Russia – Zaporozhye, Ukraine: Motor-Sich, 2005 [in Russian].

[2] A. A. Gallegos, S. S. Martinez, and J. L. Ramirez Reyes, "Evaluation of water corrosivity using a corrosion rate model for a cooling water system", *Journal of New Materials for Electrochemical Systems*, no. 8, pp. 133-142, 2005.

[3] A. T. Tamazashvili, Yu. I. Mazna, K. A. Malyhina, and M. D. Gomelya, "Valuation of the impact of physical and chemical factors on water corrosive activity", *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*, no. 5/6, pp. 15-19, 2013 [in Ukrainian].

[4] N. A. Belousova, M. I. Donchenko, Yu. S. Gerasimenko, and R. M. Redko, "Ecologically safe ways to protect steel from corrosion in water. Impact of water mineralization on low-carbon steel corrosion", *Ekotehnologii i resursosberezhenie*, no. 4, pp. 33-37, 2010 [in Russian].

[5] Yu. V. Balaban-Irmenin, V. M. Lipovskih, and A. M. Rubashov, *Protection from inner corrosion of pipelines of water heat networks*, 2-nd ed. Moscow, Russia: Novosti teplosnabzheniya, 2008 [in Russian].

[6] F. Mansfeld, "Determination of corrosion current by polarization resistance method", in *Dostizheniya nauki o korrozii i tehnologii zashity ot nee*, M. Fontana, R. Stejl, Eds., vol. 6. Moscow, Russia: Metallurgiya, 1980, pp. 180-265 [in Russian].

[7] DSTU 3895-99 (International State Standard 9.514-99) "Metal corrosion ingibitors for water systems. Electrochemical metod for determination of protective potency" [in Russian].

[8] A. M. Gricenko, and V. N. Stepanov, "Water balance of the great oceans and their role in planetary processes", *Izv. AN SSSR, seriya geogr.*, no. 6, pp. 19-25, 1980 [in Russian].

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234

[9] Handbook of chemical industry worker, vol. 3. Moscow, Russia: Himiya, 1968, pp. 316-317 [in Russian].
[10] N. P Lapotyshkina, and R. P. Sazonov, *Water treatment and water-chemical regime of heat networks*. Moscow, Russia: Energoizdat, 1982 [in Russian].
[11] I. L. Rozenfeld, *Corrosion ingibitors*. Moscow, Russia: Himiya, 1977 [in Russian].
[12] Rules of technical exploitation of heat units and networks. Approved 14.02.2007, no. 71/M. Kharkiv, Ukraine: Industriya, 2007 [in Ukrainian].

I. M. Astrelin, *D. Sc., professor,*
Yu. S. Gerasymenko, *D. Sc., professor,*
N. A. Bilousova, *Ph. D., senior researcher,*
I. V. Kosogina, *Ph. D., associate professor*
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Peremohy ave., 37, Kyiv, 03056, Ukraine

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF WATER CORROSION ACTIVITY

It is proposed to determine the relative corrosivity of an aqueous medium as the metal corrosion rate at the initial stage of its contact with the medium in the absence of flow and at a constant temperature 25 °C. The measurements have been carried out using the electrochemical method of polarization resistance Rp, corrosion meter-indicators and a developed two-electrode electrochemical chamber with a cleaning device. The peculiarity of the methodology is that instantaneous values of polarization resistance have been measured on a freshly cleaned metal surface and the values of the corrosion rate have been obtained using a conversion factor of 104 Ohm·mm/year. Quantitative characteristics of water corrosivity of various origins with respect to steel 20, as well as solutions of salts with activating and passivating properties are obtained. Well- and artesian water, tap water (Dnieper and Desnian water abstraction), mineral bottled still water, model sea water and wastewater from the Bortnichy aeration station have been investigated. Water corrosivity ranges from 0.281 mm/year (Truskavets water) to 0.141 mm/year (Morshin water). The corrosivity of slightly mineralized aerated water corresponds to 0.145 mm/year. The corrosivity of wastewater in the process of biochemical treatment is the greatest – up to 0.4 mm/year. With sedimentation of the wastewater, the corrosivity has decreased by 2 times. It has been established that the mineralization of water significantly affects its corrosivity and stability. Depending on the content of anions in the water and their competing adsorption, which leads to the desorption of water dipoles on the metal surface and the removal of the oxygen barrier, the oxygen reduction rate can increase, and, accordingly, the metal corrosion rate increases. The dependence of the corrosivity of weakly mineralized water on the concentration of dissolved oxygen is linear and extrapolated to zero.

Keywords: *corrosion activity, corrosion rate, polarization resistance, water mineralization, water stability, wastewater.*

© И. М. Астрелин, Ю. С. Герасименко, Н. А. Белоусова, И. В. Косогина, 2019
DOI: 10.24025/2306-4412.4.2019.182234