

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. В. СОЛОВЬЕВ \*

**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА КОРРОЗИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ**

(Представлено академиком В. А. Кистяковским 14 II 1940)

Исследования Guy Corfield и ряда других ученых\*\* показали, что между коррозионной активностью почв и их влажностью существует сложная функциональная зависимость.

Вначале с увеличением влажности почв коррозионная активность их увеличивается, затем наступает максимальная коррозионная активность почв, соответствующая определенному проценту влажности; дальнейшее увеличение влажности почв приводит к частичному уменьшению их коррозионной активности.

Оптимумы коррозионных активностей различных почв соответствуют различным влажностям, причем между оптимумами коррозионных активностей и влажностями почв существует определенная закономерность, которую можно формулировать следующими словами: **максимальные коррозионные активности почв находятся вблизи максимумов их водопоглощаемостей.**

Для того чтобы выяснить причины этой закономерности и дать ей физико-химическое объяснение, нами было проведено дополнительное исследование с различными почвами.

Экспериментальная часть работы была проведена с типичными грунтами города Москвы, взятыми на строительной площадке Дворца Советов, и с солончаками Прикаспийской низменности, взятыми на трассе нефтепровода Гурьев—Орск.

Методика исследования заключалась в следующем.

Сухие образцы почв и грунтов увлажнялись до содержания 5; 10; 15; 25; 30; 35; 40 и 50% воды, причем в одних грунтах наблюдался избыток воды при 19—20%, в других при 35—40% влажности, а в третьих при промежуточных влажностях, средних между 18 и 40%. Следовательно, попутно определялась максимальная водопоглощаемость почв и грунтов.

Затем в образцы увлажненных почв и грунтов и в водные вытяжки из них загружались предварительно отшлифованные, обезжиренные бензолем и промытые этиловым спиртом чугунные\*\*\* пластинки размером  $3 \times 1,5 \times 0,3$  см.

\* Экспериментальная часть работы выполнена совместно со старшей лаборанткой А. А. Любимовой.

\*\* См. список литературы в конце статьи.

\*\*\* Химический состав чугуна следующий: углерода общее содержание 3,59% (в том числе графита 2,6%; св. 0,95%); кремния 1,75%; марганца 0,75%; серы 0,091%; фосфора 0,15%; хрома 0,52%; никеля 0,3%; меди 0,47% и титана 0,14%.

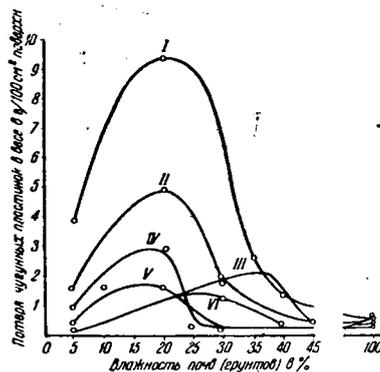
Эти пластинки выдерживались в грунтах в течение 94 суток под герметически пришлифованными к стеклу колпаками, при комнатной температуре, в среднем 18°, после чего вынимались из грунтов, освобождались от ржавчины потиранием костяным пинцетом и обработкой 10%-ным нейтральным раствором лимоннокислого аммония, споласкивались горячей водой, промывались этиловым спиртом, вытирались насухо фильтровальной бумагой и взвешивались.

По разностям между начальными и конечными весами пластинок определялись потери в весе.

На основании этих величин и судили о коррозионных активностях почв и грунтов.

Если по оси абсцисс отложить влажность грунтов, в процентах, а по оси ординат—потери чугунных пластинок в весе, выраженные в граммах на 100 см<sup>2</sup> поверхности, то полученные в результате исследования данные графически выражаются кривыми. Эти кривые имеют максимумы, соответствующие определенным содержаниям воды, характерным для каждого грунта (см. график).

Кривая I для солончакового песка, взятого на участке Гурьев—Доссор между телеф. столбами 1084—1085 (54,25 км от Гурьева). Кривая II для солончакового суглинка, взятого на участке Гурьев—Доссор между телеф. столбами 511—512 (25,5 км от Гурьева). Кривая III для верхнего слоя черной почвы, взятой с восточной стороны от центра строительной площадки Дворца Советов. Кривая IV для крупнозернистого песка, светложелтого цвета, взятого под слоем мелкозернистого песка на строительной площадке Дворца Советов. Кривая V для мелкозернистого глинистого песка, взятого под слоем черной почвы на строительной площадке Дворца Советов. Кривая VI для глины бурого цвета, взятой под слоем крупнозернистого песка.



Максимум коррозионной активности мелкозернистого глинистого песка строительной площадки Дворца Советов соответствует 18—19% влажности. Водопоглощаемость этого грунта равна 19,5%.

Максимумы коррозионных активностей крупнозернистого светложелтого песка строительной площадки Дворца Советов и солончакового суглинка соответствуют приблизительно 20% влажности. Водопоглощаемость этого грунта равна 20%.

Максимум коррозионной активности солончакового песка соответствует 20—25% влажности. Водопоглощаемость грунта равна 25%.

Максимум коррозионной активности глины бурого цвета строительной площадки Дворца Советов соответствует приблизительно 25% влажности. Водопоглощаемость этого грунта равна 25%.

Максимум коррозионной активности черной почвы восточной стороны строительной площадки Дворца Советов соответствует 30—35% влажности. Водопоглощаемость этой почвы равна 36%.

Коррозия металлов в почвах и грунтах находится в полном согласии с упомянутым выше законом, а именно, максимумы коррозионных активностей почв и грунтов находятся вблизи максимумов их водопоглощаемостей.

Сравнение коррозионных активностей московских грунтов с коррозионными активностями солончаков Казахстана показывает, что солончаки приблизительно в 3,5 раза более коррозионноактивны, чем пресные московские почвы и грунты.

Чем объясняется то явление, что увеличение содержания в почвах и грунтах воды выше значения, близкого к предельной водопоглощаемости, так же как и уменьшение воды по сравнению с этим значением, приводят к уменьшению коррозионных активностей почв и грунтов? Это явление можно объяснить своеобразным одновременным влиянием грунтовых растворов и кислорода, углекислого газа, сероводорода и других газов на почвенную коррозию металлов.

Взаимодействие металлов не только с сухим кислородом, но и с другими газообразными, а также твердыми сухими веществами при комнатной температуре очень замедленно. При наличии воды скорости химических и электрохимических реакций возрастают. Поэтому естественно, что с увеличением влажности почв и грунтов до определенного предела коррозия находящихся в них металлов возрастает.

Однако увеличение скоростей электрохимических реакций с увеличением влажности почв и грунтов имеет предел, выше которого увеличение влажности не только не вызывает увеличения скоростей этих реакций, но даже, наоборот, способствует частичному их уменьшению\*.

Данное явление становится понятным, если учесть, что при электрохимической коррозии металлов происходит поляризация катодных и анодных участков металла. Если к поверхности металла наряду с водой имеется доступ воздуха, то происходит деполяризация катодных участков гальванических элементов.

Деполяризация катодных участков гальванических элементов вызывает увеличение скоростей электрохимических реакций, увеличение разности потенциалов между катодными и анодными участками металла.

Следовательно, наиболее благоприятные условия для протекания электрохимических реакций осуществляются тогда, когда наряду с водой имеется хороший доступ к металлу воздуха. Максимум этих благоприятных условий осуществляется около максимального насыщения грунта водой.

Влияние на коррозию металлов кислорода объясняется также тем, что он способствует образованию из растворов солей железа, которые образуются во время коррозии железа в жидких средах, осадка гидрата окиси железа и ржавчины. Это приводит к частичному уменьшению в растворе солей железа, соответственно к частичному восстановлению исходного раствора и кислоты. Все это способствует продолжению коррозии металлов.

При наличии в грунте избытка воды доступ воздуха к металлу становится более ограниченным и регулируется скоростью его диффузии через слой жидкости и адсорбированный металлом коллоидный слой влажного грунта.

Ограниченность доступа кислорода к поверхности металла приводит к увеличению поляризации электродов гальванических элементов, а следовательно, к уменьшению коррозии металлов. Впрочем из этого положения имеются исключения.

В некоторых почвах и грунтах деполяризации гальванических элементов способствуют биохимические анаэробные процессы. Естественно предположить, что максимумы коррозионных активностей этих почв и грунтов должны соответствовать таким влажностям, при которых максимальна биохимическая деятельность микроорганизмов.

Интересно проанализировать, какие же явления наблюдаются в грунтах при избыточном их увлажнении и в водных вытяжках из грунтов?

---

\* Аналогичное явление наблюдается и при атмосферной коррозии некоторых металлов. См. список литературы в конце статьи (8).

Опыт показал, что коррозия чугунных пластинок в водных вытяжках из черной почвы, мелкозернистого глинистого песка, солончакового суглинка и глины больше, чем в этих почвах, увлажненных до состояния значительного избытка воды. Наоборот, коррозия чугунных пластинок в водных вытяжках из крупнозернистого песка и солончакового песка меньше, чем коррозия их в этих грунтах, увлажненных до значительного избытка влаги. В первом случае адсорбированные металлом из коллоидных растворов почв коллоидные частицы создают пленки, частично защищающие металлы от коррозии. Во втором случае контакт металла с твердыми частичками грунтов (горных пород) приводит к своеобразному электрохимическому ускорению коррозии металлов.

В заключение следует отметить, что закон соответствия максимальной коррозионной активности грунтов с влажностью, предшествующей полному насыщению грунтов, имеет большое практическое значение. В практике при изыскании изоляции для подземных сооружений весьма важно уметь разбить отдельные участки на группы по коррозионной активности. Данный закон помогает нам в этом деле, ибо на основании его можно сказать, что подходы к рекам, озерам, болотам, русла периодически намокаемых и высыхаемых ручьев, низины и т. п. являются наиболее коррозионно опасными. В этих участках нужно применять весьма усиленную изоляцию.

**В о д ы.** 1. Максимальная коррозионная активность почв и грунтов, наблюдающаяся вблизи максимумов их водопоглощаемостей, обусловливается сочетанием влажности и хорошей воздухопроницаемости почв и грунтов в этих условиях.

2. Хороший доступ к поверхности металла грунтовых растворов, а также кислорода, углекислого газа, сероводорода и других газов, в условиях, предшествующих полному насыщению грунтов водою, способствует химическим и электрохимическим реакциям, вызывающим коррозию находящихся в земле металлов.

3. Ограниченный доступ воздуха и коррозионно активных газов к поверхности металла в условиях нахождения его в увлажненной до избытка почве приводит к замедлению химических и электрохимических реакций, вызывающих коррозию металлов.

4. Кислород, как деполяризатор, способствует ускорению коррозии металлов во влажных почвах и грунтах. Ограниченный диффузией через коллоидный грунтовый раствор доступ кислорода к поверхности металла при избыточном увлажнении почв и грунтов приводит к замедлению коррозии металла.

5. В тех грунтах, в которых коррозии металлов способствуют биохимические процессы, максимальная коррозия металлов, вероятно, связана с условиями, при которых максимальна совершающаяся в грунтах биохимическая деятельность.

6. Коллоидная пленка, образующаяся на поверхности металла в коллоидном грунтовом растворе, способствует частичной защите металла от коррозии.

7. Контакт металла с твердыми частичками грунтов приводит к своеобразному электрохимическому ускорению коррозии металлов.

8. Коррозионная активность солончаков приблизительно в 3,5 раза больше, чем таковая пресных грунтов гор. Москвы.

Поступило  
19 II 1940

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Guy Corfield, Soil-Moisture Survey Procedure and Summary of Results. Цитир. по книге «Транспорт нефти, нефтяных продуктов и газа», ч. II, стр. 262—264 (1937). <sup>2</sup> Guy Corfield, Running a Soil Survey. Western Gas., 7, 123 (1930). <sup>3</sup> Scott Ewing, Soil Corrosion and Pipe Line Protection, New York (1938). <sup>4</sup> U. R. Evans, Metallic Corrosion, Passivity and Protection, London (1937). <sup>5</sup> В. А. Кистяковский, Процессы коррозии железа при полифазном контакте. Сборн. «Борьба с коррозией—борьба за металл», стр. 7—15 (1935). <sup>6</sup> И. В. Кротов, Тр. совещания по коррозии металлов и борьбы с нею (1940). <sup>7</sup> Kirk H. Logan, Soil Corrosion Studies (1937); Journ. of Res. of the National Bureau of Standards, 23, № 4, 515—543 (1939). <sup>8</sup> А. В. Соловьев, Исследование некоторых факторов атмосферной коррозии металлов, стр. 15—33 (1938). <sup>9</sup> А. В. Соловьев, Нефтяное хозяйство, № 2, стр. 42—46 (1940). <sup>10</sup> А. В. Соловьев, П. Г. Яновский, Водоснабжение и санитарная техника, № 3, стр. 59 (1939). <sup>11</sup> Д. Н. Спеллер, Коррозия железа, стр. 11, 200—204, 369—381 (1936).