

Исследование влияния жидких хлоридов на металл машин и бетон дорожных покрытий при проведении мероприятий по борьбе с зимней скользкостью

С.А. Федоров, А.С. Цыремпилова

Тихоокеанский государственный университет

Аннотация: В статье рассматривается применение жидких хлоридов природного генезиса для борьбы с зимней скользкостью. Также исследовано агрессивное влияние жидких хлоридов на снегоуборочную технику, конструктивные элементы дороги и экологию в целом. Разработаны методики оценки влияния жидких хлоридов на металл и цементобетон. В статье приведены выводы и рекомендации по применению жидких природных хлоридов для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах.

Ключевые слова: жидкий хлорид, пластовая вода, рассол, скорость коррозии, цементобетонное покрытие, зимняя скользкость.

Пятилетний план развития дорожной деятельности, рассчитанный до 2028 года предусматривает решение ответственных задач по обеспечению высокого качества автомобильных дорог для бесперебойного и безопасного движения в течение круглого года. Важнейшей из них является борьба с зимней скользкостью [1].

В качестве природных ресурсов жидких хлоридов для борьбы с зимней скользкостью могут быть использованы морская вода и пластовая вода нефтегазодобывающего производства [2].

По содержанию ионов солей и коллоидов природные ресурсы воды подразделяются:

- на пресные воды, количество солей в которых не превышает 1 г/л;
- минерализованные или соленые, с содержанием минеральных веществ от 1 до 50 г/л;
- рассолы, минерализация которых превышает 50 г/л.

Таким образом все растворы, содержащие более 5 % солей, называют рассолами.

По данным ГипродорНИИ, МАДИ, СоюздорНИИ достаточной плавящей способностью обладают рассолы с концентрацией хлоридов более 25 % [3]. Источником таких концентрированных рассолов могут быть солевые заводы.

Пластовые воды нефтегазодобывающего производства представляют собой минерализованные подземные воды [4].

Наиболее обычная картина, когда в верхних пластах находятся пресные воды (чаще всего атмосферного происхождения, глубже располагаются минеральные воды, а в самом низу – рассолы [5].

Объем подземных вод по В. И. Вернадскому оценивается примерно в 0,5 млрд. км³, из-за чего их принято называть «подземным океаном». Как и в любом океане, здесь имеются свои острова – залежи нефти и газа [6].

Для добычи пластовых вод не нужно бурить особых скважин, а можно использовать бывшие скважины, которые после выработки газа или нефти начинают давать воду [7]. Таким образом на месте газонефтяного промысла со временем можно создать промысел пластовых вод при наличии средств добычи рассолов.

Исследуем влияние природных жидких хлоридов на металл машин и бетон покрытий автомобильных дорог.

Влияние антиобледенителей на металлические части средств транспортирования и распределения материалов оценивалось весовым методом [8]. Данный метод основан на определении изменения массы образцов после воздействия агрессивной среды.

Для эксперимента использовались пластинчатые образцы стали СтЗпс размером 50 × 50 × 0,8 мм. Испытуемые образцы зачищались наждачной бумагой, чтобы снять защитный слой, и измеряли штангенциркулем их размеры с точностью ± 0,1 для определения площади поверхности.

Затем образцы обезжиривались органическим растворителем, протирались фильтровальной бумагой и взвешивались на демпферных весах с точностью до 0,0002 г.

Подготовленные таким образом образцы полностью погружались в испытуемые рассолы с концентрацией реальной и концентрацией, сниженной в 2 раза путем их разбавления водопроводной водой. Эксперимент проводился в трехкратной повторности в следующих условиях: количество раствора составляло 150 г на один образец, продолжительность воздействия рассолов на металл составляло 12 суток.

Через каждые четверо суток пластины вынимались из растворов, очищались от прокорродированного металла, высушивались и взвешивались на весах, при этом растворы заменялись. Степень агрессивности среды определялась по показателю скорости коррозии K_{BEC} по формуле:

$$K_{BEC} = \frac{m_0 - m_1}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где K_{BEC} – показатель скорости коррозии, г/(м²·ч); m_0 – масса образца в исходном состоянии, г; m_1 – масса образца после коррозии, г; S – площадь поверхности образца, м²; t – время коррозии, ч.

Весовой показатель пересчитывался на глубинный показатель, который характеризует уменьшение толщины металла в единицу времени по формуле:

$$П = 8,76 \cdot \frac{K_{BEC}}{\gamma_M}, \quad (2)$$

где $П$ – глубинный показатель, мм/год; K_{BEC} – показатель скорости коррозии, г/(м²·ч); γ_M – плотность металла, равная 7,5-7,8 г/м³, 8,76 – коэффициент, учитывающий размерности величин в формуле (1).

Данные эксперимента представлены в таблице 1. Для сравнения степени агрессивности сред замеряли коррозию металла в водопроводной воде.

Таблица № 1

Скорость коррозии металла в рассолах

Среда	Весовой показатель скорости коррозии, г/(м ² ·ч)			Глубинный показатель скорости коррозии, мм/год
	4 суток	8 суток	12 суток	
Вода	0,0386	0,0406	0,0321	0,0360
Рассол	0,0361	0,0307	0,0203	0,0228
Рассол, разбавленный в 2 раза	0,0190	0,0353	0,0396	0,0445
Пластовая вода	0,0188	0,0228	0,0156	0,0175
Пластовая вода, разбавленная в 2 раза	0,0046	0,0151	0,0094	0,0105

Анализ динамики коррозии металла показывает, что наиболее агрессивными средами являются вода и рассол, разбавленный в два раза, т. е. с концентрацией хлоридов 12–13 %. Концентрированный рассол менее агрессивен. Наименьшую коррозию в течение всего эксперимента вызывает пластовая вода, причем, разбавленная пластовая вода вызывает меньшую коррозию металла, чем концентрированная.

Влияние жидких хлоридов на цементобетон определялось на образцах в возрасте два года. Размер балочек 40 × 40 × 160 мм, состав бетона (на 1 т смеси): щебень (фракция 5-10 мм) – 500 кг, песок – 216,6 кг, цемент ЦЕМ 32,5Н – 208,3 кг; вода – 75 л.

В качестве вяжущего использовался портландцемент Спасского цементного завода (ОАО «Спасскцемент»).

Перед испытаниями на морозоустойчивость образцы выдерживались одни сутки в чистой воде, чтобы приблизить эксперимент к естественной условиям в осенне-зимний период, когда цементобетонные покрытия имеют повышенную влажность.

Морозостойкость цементобетона определялась путем замораживания образцов в холодильной камере при температуре минус 16 °С и оттаивания при температуре 20 °С. Морозостойкость определялась при 50 циклах

замораживания-оттаивания по разрушению образца. За эталон принималась морозостойкость бетона, замораживаемого в чистой воде.

Данные эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица № 2

Влияние рассолов на физико-механические свойства цементобетона

Среда	Потеря веса, %	Предел прочности цементобетона при изгибе, МПа (50 циклов замораживания-оттаивания)	Потеря прочности при изгибе, %
Вода	- 0,21	6,80	-
Рассол	+ 0,66	6,89	+1,443
Рассол, разбавленный в 2 раза	+ 0,75	6,50	- 4,33
Пластовая вода	- 1,67	4,71	- 30,74
Пластовая вода, разбавленная в 2 раза	+ 0,94	5,39	- 20,64

Анализ эксперимента показывает, что из исследуемых жидких хлоридов наименьшей агрессивностью обладает неразбавленный рассол. Здесь в течение эксперимента происходит рост в весе за счет кристаллизации солей в порах материала, а при испытаниях образцов на изгиб после 50 циклов замораживания-оттаивания прочность их выше, чем образцов, замораживаемых в воде [9, 10].

При воздействии на цементобетон разбавленным рассолом видимых разрушений не наблюдается, однако, при испытаниях балочек на изгиб прочность их уменьшается на 4,33 % по сравнению с образцами, замораживаемыми в воде.

Наибольшей агрессивностью из испытываемых рассолов обладает пластовая вода, особенно концентрированная. При воздействии ее на цементобетон наблюдается шелушение цементного камня, хотя и незначительное. Однако, при испытаниях балочек на изгиб процесс

разрушения проявляется сильно и балочки теряют прочность на 30,74 % по сравнению с балочками, замораживаемыми в чистой воде.

Разбавленная пластовая вода вызывает меньшую коррозию бетона по сравнению с концентрированной, но в 4-5 раз большую, чем разбавленный рассол.

Исходя из экспериментальных данных можно сделать вывод, что применение пластовой воды на цементобетонных покрытиях для плавления льда нецелесообразно из-за ее высокой агрессивности.

Таким образом по результатам исследований можно заключить, что для районов юга Дальнего Востока возможно в ограниченных масштабах использование в качестве отходов и местных материалов только жидкие хлориды солевых заводов.

Пластовые воды нефтегазодобывающего производства ввиду высокой степени агрессивности использоваться быть не могут. В качестве основных материалов для борьбы с зимней скользкостью возможно применение продукции химического производства в виде поваренной (технической) соли, кристаллического $CaCl_2$, и их растворов.

Литература

1. Дормидонтова Т.В., Серякова Е.Д. Материалы для борьбы с зимней скользкостью // Интернаука. 2018. №21-1. С. 63-64.
2. Нигматуллин Р.Р., Апасов Т.К., Ганиченко Н.А. Особенности разработки шельфовых месторождений нефти // Инженерный вестник Дона, 2020, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6439.
3. Рудаков Л.И. Борьба с гололедом на дорогах с помощью рассола // Автомобильные дороги. 1972. №2. С. 11-12.
4. Кащавцев В.Е. Роль пластовых вод в процессе осадкообразования солей при добыче нефти // Нефть, газ и бизнес. 2004. №1. С. 42-45.

5. Кашчавцев В.Е., Мищенко И.Т. Солеобразование при добыче нефти. М.: Орбита, 2004. 431 с.
6. Карцев А.А., Вагин С.Б. Невидимый океан. М.: Недра, 1978. 112 с.
7. Geochemistry: Pathways and Processes / Richard SM and McSween HY // Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc. 2016. pp. 58-59.
8. Гайдо А.Н., Погода А.Г. Современные методы проведения строительного контроля // Инженерный вестник Дона, 2024, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9040.
9. Романенко И.И., Петровнина И.Н., Романенко М.И. Пористый бетон в дорожном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2019, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5734.
10. Chen Yu, Wang Kejin, Wang Xuhao, Zhou Wenfang. Strength, fracture and fatigue of pervious concrete // Construction and Building Materials, 2013. №42. pp. 97-104.

References

1. Dormidontova T.V., Seryakova E.D. Internauka. 2018. №21-1. pp. 63-64.
 2. Nigmatullin R.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6439.
 3. Rudakov L.I. Avtomobil'nye dorogi. 1972. №2. pp. 11-12.
 4. Kashchavcev V.E. Neft', gaz i bizness. 2004. №1. pp. 42-45.
 5. Kashchavcev V.E., Mishchenko I.T. Soleobrazovanie pri dobyche nefi [Salt formation during oil production]. М.: Орбита, 2004. 431 p.
 6. Karcev A.A., Vagin S.B. Nevidimyj ocean [Invisible ocean]. М.: Nedra, 1978. 112 p.
 7. Geochemistry: Pathways and Processes. Richard SM and McSween HY Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc. 2016. pp. 58-59.
-



8. Gaido A.N., Pogoda A.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9040.

9. Romanenko I.I., Petrovnina I.N., Romanenko M.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5734.

10. Chen Yu, Wang Kejin, Wang Xuhao, Zhou Wenfang. Construction and Building Materials, 2013. №42. pp. 97-104.

Дата поступления: 10.02.2025

Дата публикации: 27.03.2025