

01, январь 2016

УДК 546.06

Анализ солеобразований на стенах и фундаментах зданий города Астрахани

Кизилова А.С., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

Научный руководитель: Ермолаева В.И., к.т.н, доцент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

кафедра «Химия»

vierm@bmstu.ru

Проблема сохранения внешнего облика исторического центра города в последние десятилетия приобретает особую актуальность. Постройки 18-19 веков взяты под охрану государством, но при этом они заселены и постоянно подвергаются разрушительному воздействию как изнутри, так и извне.

На наш взгляд, одной из причин разрушения историко-архитектурных зданий города являются высолы или солевые образования на их стенах и фундаментах (рис. 1). Объектом работы являются историко-архитектурные здания центра города Астрахани, а предметом – непосредственно солевые образования на стенах и фундаментах этих зданий. Целью работы является предложение мер по борьбе с высолами на архитектурных памятниках города Астрахани и мер по предотвращению образования высолов на новых постройках.



Рис. 1. Образование высолов на зданиях Астраханской области

Для достижения цели были поставлены и выполнены следующие задачи: проведен анализ физико-географического положения города; изучен химический состав солевых образований, отобранных на контрольных точках; рассмотрены зависимости возникновения высолов на кирпиче от состава цементного раствора; показано влияние подтопления города как одного из факторов солеобразования; составлены схемы восстановленных водотоков и водоемов Астрахани; проведен анализ существующих мер по борьбе с высолами и сформулированы новые рекомендации по очистке фасадов от солеобразований.

Физико-географическое положение Астрахани во многом способствует возникновению высолов на зданиях. Астраханская область расположена в Прикаспийской низменности, в дельте реки Волга. На территории города выделяются два водоносных горизонта. Минерализация на некоторых участках достигает 110 г/л. По своему составу воды водоносных горизонтов подразделяются на хлоридные, хлоридно-сульфатные, сульфатные.

Геологические породы Астрахани сформировались на отложениях Каспийского (Хвалынского) моря. Они засоленные, т.е. содержат высокое количество растворимых солей. А это значит, что и в поверхностном почвенном слое растворимых солей может оказаться чрезвычайно много. В таких условиях могут сформироваться засоленные почвы - солончаки. Кроме того, особенностью почвообразования в Астраханской области являются процессы рассоления и засоления, постоянно протекающие в почвенном покрове. Существование солонцевато-солончаковых почв – свидетельство существования этих процессов, протекающих раздельно только по сезонам года.

С конца 50-х – начала 60-х годов началось повсеместное разрушение бугров Бэра и подсыпка понижений, в том числе мелких водоемов: ериков, ильменей. Мы проанализировали различные картографические источники по территории города, в том числе и старинные планы Астрахани. В итоге была составлена схема восстановленных водотоков и водоемов в черте города Астрахани (рис. 2).



Рис. 2. Схема восстановленных водоёмов и водотоков

В результате подтопления происходит формирование "куполов" подземных вод вблизи поверхности, особенно в новых районах с многоэтажными застройками. Причина эта заключается в том, что под городские новостройки осваиваются малоблагоприятные по гидрологическим показателям земли, а также потери воды из водонесущих и водоотводящих коммуникаций.

Подземные воды на большей части города Астрахани агрессивны ко многим видам строительных материалов, особенно к конструкциям из металла и бетона. Близкое залегание грунтовых вод вызывает отрицательное воздействие на состояние фундаментов зданий и сооружений, инженерных коммуникаций, ведет к снижению несущей способности грунтов и изменению их структуры, способствует задержке и накоплению различных веществ, выпадающих из атмосферного воздуха.

В процессе исследований учеными установлено, что причина появления высолов заключается в выносе на поверхность стены и последующей кристаллизации растворимых соединений из цемента, бетона, штукатурного и кладочного раствора, стеновых материалов, а также почвенных хлоридов, растворенных в грунтовых водах.

Нами был проведен химический анализ водных растворов высолов, взятых на двух контрольных точках ул. Чернышевского. При проведении анализа использовались характерные реакции на отдельные ионы – анионы и катионы.

Анализ показал, что высолы в своем составе содержат преимущественно соли серной и соляной кислот (см. табл.). Анион SO_4^{2-} определялся с помощью реагента хлорида бария BaCl_2 , анион Cl^- был обнаружен с помощью нитрата серебра AgNO_3 , карбонат-ион CO_3^{2-} не обнаружен. Наличие нитрат-иона NO_3^- проверяли следующим образом: на чистое и сухое часовое стекло поместили 4 капли раствора дифениламина $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ в концентрированной серной кислоте, внесли стеклянной палочкой капли исследуемого раствора. Однако нитрат-ион обнаружен не был.

Проведенный анализ на катионы свинца Pb^{2+} , железа Fe^{3+} и меди Cu^{2+} показал их отсутствие в составе высолов. Определено присутствие катионов калия K^+ и натрия Na^+ , а также по реакции с гидроксидом натрия NaOH можно судить о присутствии в растворе ионов кальция Ca^{2+} .

<i>Анион, реагент, реакция в ионном виде</i>	<i>Катион, реагент, реакция в ионном виде</i>
SO_4^{2-} , BaCl_2 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4\downarrow$ (помутнение раствора)	Na^+ , $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ $\text{Na}^+ + [\text{Sb}(\text{OH})_6]^- = \text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]\downarrow$ (помутнение раствора)
Cl^- , AgNO_3 $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}\downarrow$ (помутнение раствора)	K^+ , $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ $2\text{K}^+ + \text{Na}^+ + [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} = \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow$ (желтое помутнение раствора)
CO_3^{2-} , HCl (не обнаружен)	Ca^{2+} , NaOH $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Ca}(\text{OH})_2\downarrow$ (помутнение раствора)
NO_3^- , $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ (не обнаружен)	Pb^{2+} , I^- (не обнаружен)
	Fe^{3+} , NH_4SCN (не обнаружен)
	Cu^{2+} , NH_4OH (в избытке) (не обнаружен)

Особое внимание уделено постановке модельного опыта, результаты которого стали доказательством влияния состава цементного раствора на солеобразование.

Основные компоненты цемента – силикаты, алюминаты и алюмоферриты кальция – имеют достаточно малую растворимость. Наибольшую растворимость в составе цемента имеют едкие щелочи и соли щелочных металлов. В чистой воде растворимость сульфата натрия при 20 °С равняется 19,47 г/100 г воды. Щелочей в цементе содержится 0,2-1,2 %, а в отдельных случаях - до 2,5 %. Едкие щелочи попадают в цемент в составе сырьевых материалов, главным образом с глиной и нефелиновыми шламами. Соли щелочных металлов находятся в цементе преимущественно в свободном виде.

Опыт состоял в следующем: приготовили цементный раствор на основе водного раствора с высокими концентрациями солей (K_2SO_4 , KCl , NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl , Na_2SO_4) и скрепили им модель кирпичной кладки (которая состояла из керамического и

двух строительных кирпичей). Регулярно проводили осмотр кладки с целью обнаружения высолов.

Эксперимент начался 22 сентября 2013 года. Ровно через неделю зафиксированы солеобразования на верхнем строительном кирпиче, а через 6 недель они появились на керамическом кирпиче.

Опыт подтвердил определяющее влияние солей щелочных металлов на образование высолов. Уменьшение содержания щелочей в цементе является важнейшей предпосылкой предупреждения образования высолов на цементных материалах.

Мы детально проанализировали существующие методы борьбы с высолами.

Наиболее распространенная технология очистки фасадов и последующей обработки включает следующие операции: механическая очистка с помощью шпателя или металлической щетки; обильная пропитка очищаемой поверхности водой; очистка от высолов с помощью очистителя; нанесение гидрофобного покрытия.

В астраханских строительных магазинах широко представлена продукция в виде готовых растворов, концентратов, пропиток и укрепляющих грунтовок. Их составы различны. Например, натриевые соли полифункциональных органических кислот, гидроксид калия, комплексообразователи, этиленгликоль, метилсилоксаны и так далее. Но будет ли их действие успешным для высолов в Астраханской области?

На наш взгляд, необходимо разработать технические условия по приготовлению растворов с учетом химического анализа почвы, на которой будет возводиться здание, а также анализа используемой воды для замешивания цементного раствора. Можно рекомендовать использование дистиллированной или очищенной воды, что экономически не слишком затратно. Это снизит риск образования высолов на новых зданиях города Астрахани. А в случае зданий – памятников архитектуры, когда мы уже знаем химический состав солеобразований на кирпиче, можно предложить композицию для смыва высолов на основе растворов органических и неорганических кислот в небольших концентрациях. Все работы рекомендуется выполнять по сухой стене при температуре выше 5°C в период с мая по октябрь. К числу безусловных достоинств предлагаемых рекомендаций следует отнести простоту и экологичность.

Таким образом, в ходе работы проведен анализ физико-географического положения города; рассмотрено подтопление города в качестве одного из важнейших факторов солеобразования; изучен химический состав солевых образований, отобранных на контрольных точках; показана зависимость возникновения высолов на кирпиче от состава цементного раствора; проанализированы существующие меры борьбы с

солеобразованиями; составлены некоторые рекомендации по удалению высолов со стен и фундаментов старых и новых зданий.

Необходимость сохранения историко-архитектурных памятников города не подвергается сомнению. Однако способы выполнения данной задачи могут быть различными. Наша работа предлагает один из методов сохранения архитектурного облика города.

Список литературы

- [1] Локтионова Е. Г., Жижимова Г. В., Бармин А. Н. Влияние урбанизированных территорий на внутригородские аквальные комплексы (на примере г. Астрахань): монография. Астрахань: Изд-во «Астраханский университет», 2010. 117 с.
- [2] Муравьев А. Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум. Санкт-Петербург: Изд-во «Крисмас+», 2012. 176 с.
- [3] Старкова Н.Н., Огородникова Н.П. Реакции ионного обмена. Окислительно-восстановительные реакции в качественном анализе (анионы): методическое руководство по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Аналитическая химия». Астрахань: Изд-во «АГТУ», 2012. 8 с.
- [4] Степанова В., Розенталь Н., Чехний Г. Высолы. Борьба с высолами. Режим доступа: <http://ufa.shikremont.ru/kottedji/visoli.php> (дата обращения 05.04.2015).
- [5] Кирпич. Советы, признаки брака. Режим доступа: <http://ecoside.ru/cembawef/kirpic~3.htm> (дата обращения 25.02.2015).
- [6] История улиц Астрахани. Режим доступа: <http://astrakhan.pp.ru/selectitem.php> (дата обращения 21.11.2014).