

Колпашников Г.А., Смирнова Г.Ф., Литвинович К.Р., Шкода В.И.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ КАК ФАКТОР НАКОПЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ РАССОЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СОЛЕОТВАЛОВ В СОЛИГОРСКОМ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ

Механизм образования молекулярной конденсации, являющейся результатом гидросорбционных процессов на контакте «соляная порода – влажный воздух», представлен следующим образом.

Силловые поля атомов соляных кристаллов, находящихся на поверхности солеотвалов (рис. 1) компенсируются силловыми полями соседних атомов, а свободная часть их способна вступать во взаимодействие с молекулами воды, содержащимися в водяном паре атмосферы. Это взаимодействие заключается в притягивании молекул воды из воздуха (при определенной насыщенности его водяными парами) и в обратном процессе отдачи молекул воды, ранее осевших на поверхности кристаллов соли, в окружающий, воздух при низких значениях упругости его водяных паров.

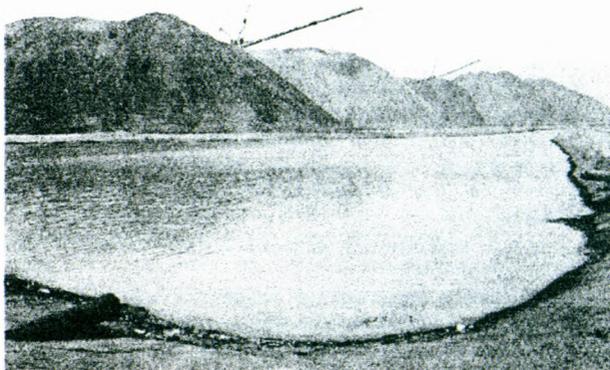


Рисунок 1 – Соленое озеро возле солеотвалов 1-го рудника

При определенных условиях влажности и температуры окружающего воздуха на поверхности частиц соли в сравнительно короткий срок возникает пленочная рыхлосвязанная вода, обладающая высокой агрессивностью по отношению к легкорастворимым солям. Она растворяет соли, насыщается ими и становится пленкой насыщенного раствора. После этого процесс поступления влаги из воздуха к поверхности образовавшейся пленки рассолов интенсифицируется, так как упругость пара в тончайшем слое над рассолом значительно меньше упругости пара пограничного слоя атмосферного воздуха, насыщение его достигается при значительно меньшей упругости пара, поэтому он становится насыщенным водяным паром, избыток которого конденсируется на поверхности солей. Последнее обстоятельство вызывает образование на поверхности солей слоя свободной гравитационной воды, стекающей вниз в виде насыщенных рассолов.

Толщина пленки воды, которая может быть удержана силами молекулярного взаимодействия между молекулами солей и водяных паров, определяется их энергетическим потенциалом, условиями контакта (микронеровностей поверхности солей, их пористостью и влажностью, т. е. возможностью развития процессов сорбции в глубь солей, и т. д.).

Были проведены лабораторные эксперименты по изучению кинетики гидросорбционных процессов, происходящих в твердых галитовых отходах трех рудоуправлений. Исследовались образцы с различными влажностью W , пористостью n и удельной поверхностью соприкосновения F с атмосферным воздухом в диапазоне его относительной влажности $\varphi = 50-98\%$ при температуре $T = 1-35^\circ$. В результате установлены следующие закономерности:

1) порогом гигроскопичности для всех исследуемых образцов кека хвостов, т.е. началом процесса интенсивной адсорбции молекул воды из воздуха, является значение его относительной влажности, равное $\varphi = 74-75\%$;

2) скорость процессов сорбции молекул водяного пара воздуха кристаллами исследуемых солей при прочих равных условиях ($\varphi = \text{const}$; $n = \text{const}$; $W_0 = \text{const}$) находится в прямой зависимости от температуры воздуха, т. е. чем выше температура, а следовательно, и упругость водяных паров воздуха, тем интенсивнее процессы сорбции;

3) отсутствие сорбции или весьма замедленное ее протекание при температуре воздуха ниже $T = 3-5^\circ$ (даже при относительной влажности выше $\varphi = 75-90\%$) позволяет выделить эти значения температуры воздуха вторым порогом гигроскопичности;

4) скорость насыщения исследуемых образцов кека хвостов сорбционной влагой зависит от площади контакта образца с окружающим воздухом.

Близость значений семейств кривых влажности для образцов с $F = 12 \text{ см}^2$ и $F = 70 \text{ см}^2$ после трехсуточной экспозиции объясняется большей пористостью ($n = 30-40\%$) первых. Вследствие этого удельные поверхности солевых частиц этих образцов, участвующие в процессе сорбции влаги из воздуха и растворении влагой солей, оказались близкими по величине. Это означает также, что при одинаковых значениях контактирующих площадей процессы сорбции развиваются интенсивнее в образцах с большей пористостью, т. е. в образцах, имеющих большую сорбционную площадь:

5) процесс гидросорбционного поглощения соляными кристаллами молекул воды из воздуха при его температурно-влажностном режиме выше установленных пределов гигроскопичности ($\varphi = 74-75\%$, $T = 3-5^\circ$) продолжается во времени непрерывно, до полного растворения солей образующейся пленкой рыхловязанной воды;

6) растворение солей, сопровождающее процессы сорбции, в значительной степени осложняет изучение последних, так как изменяется структура и состав исследуемых образцов (пористость, характер структурных связей, содержание и виды влаги в них и т.д.).

Для ориентировочных расчетов по данным проведенных исследований приняты значения Q_M (при $\varphi = 75-85\%$; $T = 5-20^\circ$), приведенные в табл. 1

Более точная оценка молекулярной конденсации кека хвостов была получена в лаборатории инженерной геологии с использованием гигростата. Опыты проводились сотрудниками лаборатории под руководством автора работы. Результаты их отражены в табл. 1

Таблица 1 – Экспериментальные данные по определению молекулярной конденсации твердых галитовых отходов различной плотности

Пористость кека хвостов	Количество сорбируемой влаги на единицу площади кека хвостов, мм/сут.
35	0,30 0,35
20	0,22 0,26
15	1,18-0,20

В опытах с образцами в гигростате выявлена конденсация в зависимости от режима влажности и температуры воздуха. Воздушно-сухие образцы твердых солевых отходов, помещенные в прибор с относительной влажностью воздуха 98% и температурой +19°C, давали резкое приращение веса от конденсирующейся на них влаги. Несмотря на понижение влажности воздуха (при $T_n = 24$ °C), вес образцов продолжал возрастать и только при снижении относительной влажности ниже 75-78 начинал уменьшаться, т. е. при значениях влажности воздуха, ниже указанных пределов, происходила отдача образцами влаги обратно в воздух. Как видно из опыта, значения относительной влажности в интервале 75-78% соответствуют влажностному порогу гигроскопичности для твердых солевых отходов.

В условиях постоянной температуры воздуха ($T_R = 20$ °C) и относительной влажности ($W = 98\%$) происходит непрерывное насыщение соляных образцов конденсационной влагой до полного их растворения.

Данные опытов показывают приращение веса образцов за счет конденсации паров при одновременном увеличении температуры и влажности воздуха. Эти факторы являются доминирующими при образовании конденсационных рассолов в солеотвалах.

Если проследить характер конденсации в зависимости от изменения каждого в отдельности фактора, то выясняется, что уменьшение температуры воздуха ниже нулевой при относительной его влажности, выше влажностного порога гигроскопичности (82-88%), вызывает потерю влаги образцами. Уменьшение относительной влажности воздуха при постоянной его температуре вызывает замедление процесса конденсации. Снижение влажности воздуха ниже порога гигроскопичности (75-76%) конденсацию прекращает, и происходит обратная потеря влаги образцами. Имея данные опытов, можно рассчитать величину конденсации по формуле

$$h_{\text{к.к.}} = \frac{P_1 - P_2}{S \tau \Delta B},$$

где $h_{\text{к.к.}}$ – молекулярная конденсация, мм/сут.; P_1, P_2 – вес образца в начале и в конце опыта; S – площадь образца; τ – время опыта, сут., ΔB – объемный вес пресной воды.

Изменение пористости образцов вызывает изменение конденсации, зависящей от величины контактирующей с воздухом солевой поверхности, а следовательно, и растворимости солевых отходов. Так, для кристаллов галитовой соли величина молекулярной конденсации составляет 0,25 мм/сут. Для солевых образцов с 30%-й пористостью и постоянных температур и относительной влажности воздуха ($T_n = 20$ °C; $W = 98\%$) конденсация составила 0,33 мм/сут.

Для расчета годового количества конденсатной влаги, образующейся вследствие гидросорбционных процессов в теле солеотвалов, принимаем, что в течение 250 дней годового периода, соблюдаются условия, необходимые для их

проявления, т. е. $\varphi = 75-80\%$; $T = 5-8^{\circ}$. Для кека хвостов верхней зоны выветривания с пористостью $n = 30\%$ скорость гидросорбционных процессов равна $0,33$ мм/сут., что составляет ~ 75 мм/год. Суммарное количество конденсата, получаемое в результате температурного охлаждения воздуха в карстовых полостях, термоконденсации и за счет гидросорбционных процессов, составляет:

$$Q_r + Q_m = 13 + 75 \text{ мм/год.}$$

Это количество конденсатной влаги, разрушая структурные связи кека хвостов, высвобождает заключенную в порах первичную рапу. При влажности кека хвостов $W_o=5\%$ и пористости $n=30\%$ вследствие растворения структурного каркаса и освобождения порового раствора расход Q_c , составляет ~ 22 мм/год. Таким образом, общее количество влаги (в линейных мерах), образующейся за счет термоконденсации, гидросорбционных процессов и сопровождающих их процессов растворения солей, составляет:

$$Q = Q_m + Q_c + Q_r = 13 + 75 + 22 = 110 \text{ мм/год.}$$

В пересчете на количество солей в твердом виде при минерализации конденсационных рассолов $M = 0,325 \text{ т/м}^3$ эта величина составит $Q = 400 \text{ т/год}$ с 1 га. Она выражает активность карстовой денудации тела солеотвалов за счет развивающихся в нем процессов конденсации (термической и молекулярной) По данным гидрометрических замеров источников, вытекающих из тела солеотвала, в период отсутствия атмосферных осадков в течение 1,5 месяца расход всех источников составил 1300 м^3 с 1 га в год, или 488 т солей с 1 га в год. Эту величину также можно рассмотреть как сток конденсационных рассолов из тела солеотвалов. Хорошая сходимость данных натурных измерений с расчетными подтверждает достоверность принятых значений конденсационного стока в 11 см в год.

УДК 693

Корнеевко Н.А., Сафончик Д.И.

ФИБРОМАТЕРИАЛЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГРОДНЕНСКОГО РЕГИОНА

Большинство химических производств характеризуются выходом значительного количества побочных продуктов. Утилизация их, с одной стороны, способствует существенному повышению эффективности работы химических предприятий и направлена на охрану окружающей среды, а с другой – является одним из путей производства строительных материалов, снижения затрат, интенсификации технологических процессов, расширения ассортимента и повышения качества строительных изделий.

На предприятии Гродненского региона ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» в процессе выпуска основной продукции (ткани и волокна) скапливается ряд отходов, которые пока не нашли своего широкого применения. К ним относятся отходы нити ПЭТФ полиэфирной; отходы нити полиамидной (жгуты); отходы (обрезки и стыки) ткани кордной полиэфирной пропитанной.