

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СОЛЕВЫХ ОТХОДОВ РУДНИКА ТЮБЕГАТАНСКОГО ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**Каримов Ёкуб Латипович**

зав. кафедрой “Горное дело”

Каршинский инженерно-экономический институт,

Республика Узбекистан, г. Карши

E-mail: zuhridin.latipov@mail.ru**Латипов Зухриддин Ёкуб угли**

ст. преподаватель,

Каршинский инженерно-экономический институт,

Республика Узбекистан, г. Карши

Каюмов Ойбек Азамат угли

ассистент,

Каршинский инженерно-экономический институт,

Республика Узбекистан, г. Карши

Боймуродов Нажмиддин Абдукодирович

ассистент,

Каршинский инженерно-экономический институт,

Республика Узбекистан, г. Карши

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR FIXING SALT WASTE
OF THE TYUBEGATAN MINING COMPLEX****Yokub Karimov**

Head of dep. of “Mining”

Karshi engineering and economics institute,

Uzbekistan, Karshi

Zukhriddin Latipov

Senior lecturer

of Karshi engineering and economics institute,

Uzbekistan, Karshi

Oybek Kayumov

Assistant

Karshi engineering and economics institute,

Uzbekistan, Karshi

Najmiddin Boymurodov

Ass. dept. of “Mining”

Karshi engineering and economics institute,

Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

В работе приведена разработка технологии закрепления солевых отходов рудника Тюбегатанского горно-добывающего комплекса и физико-химический процесс закрепления солевых отходов.

ABSTRACT

The paper describes the development of a technology for consolidating salt waste from the Tyubegatan mining complex and the physicochemical process of consolidating salt waste.

Ключевые слова: солеотвал, шлам, галитовый отход, закрепления солевых отходов, химический процесс, раствор, силикатизации.

Keywords: salt dump, sludge, halite waste, salt waste consolidation, chemical process, solution, silicatisation.

На сегодняшний день в руднике Тюбегатанского горно-добывающего комплекса хвостовое хозяйство связано с устройством солеотвалов из твердых галитовых отходов обогащения руды, строительством и эксплуатацией шламохранилищ для складирования жидких глинисто-солевых шламов. При перспективных способах обогащения руд количество отходов и занимаемая ими площадь растет с каждым годом. Отличительной особенностью галитовых и шламовых отходов является высокое (до 95%) содержание в них легкорастворимых в воде солей. При воздействии атмосферных осадков на солеотвалы и шламохранилища образуются и накапливаются хлоридно-натриевые рассолы, что приводит к химическому загрязнению почв. Кроме того, причинами распространения засоления на значительные территории являются ветровая и водная эрозия, а также выбросы соляной пыли от горно-добывающего комплекса усиливает общую картину засоления. Оседая на почве, соляные выбросы загрязняют верхний плодородный слой. Кроме изменения в химическом составе поверхностных и подземных вод, наблюдается интенсивное засоление почв в зонах воздействия солеотвалов, что вызывает трансформацию видового состава растительности. В связи с этим, особую актуальность приобретают способы предотвращения и минимизации засоления почв за счет закрепления поверхности солевых отходов закрепляющими растворами.

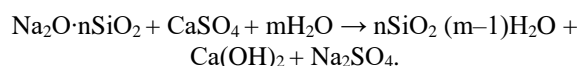
Физико-химический процесс закрепления солевых отходов основан на хорошем проникновении силикатного раствора, имеющего небольшую вязкость (2-3 МПа·с), в грунт и на быстром выделении цементирующей солевой отход пленки геля кремниевой кислоты благодаря реакции раствора силиката натрия с солями отхода. Таким образом, роль второго раствора (коагулянта силикатного раствора) в данном случае выполняет сам отход [1-6].

При соприкосновении раствора с грунтом в результате химической реакции на частицах грунта и стенках капилляров моментально образуется пленка геля кремниевой кислоты. Эта пленка в первое время имеет толщину в несколько микрометров и поэтому не препятствует прохождению нагнетаемого раствора и только через несколько часов, благодаря более интенсивному процессу гелеобразования, вследствие диффузии происходит закупорка капилляров гелем кремниевой кислоты и водопроницаемость солевого отхода резко уменьшается. Несмотря на малую толщину пленки геля кремниевой кислоты, она все же достаточно прочна, чтобы сохранить солевой отход уже в первый период насыщения раствором в его естественном ненарушенном состоянии. Этому способствует также весьма незначительная величина набухания солевого отхода. Затем, примерно через 1-3 суток, весь раствор, находящийся в солевом отходе, переходит в гелеобразное состояние.

В дальнейшем идут непрерывное увеличение толщины пленки и возрастание прочности закрепленного солевого отхода. Переход инъецированного в солевой отход раствора в гель в основном происходит в первые 3 суток. Упрочнение же пленки геля

весьма интенсивно происходит в течение 15 суток и полностью заканчивается через 28 суток. Поэтому последний принимается как лимитирующий срок гелеобразования [1, 7, 8].

Что касается химических процессов, которые происходят при закреплении солевого отхода, то на основании исследований, проведенных при разработке двух растворного способа силикатизации, учитывая тождество реагентов, можно считать, что при взаимодействии силикатного раствора с находящимися в солевом отходе солями происходит частичная реакция, которую можно написать в следующем виде [1, 9]:



Как видим, в результате образуются гель кремниевой гидроксид кальция кислоты и сернокислый натрий. Образование геля кремниевой кислоты в настоящее время после указанных исследований с применением рентгеноскопии и микроскопии является твердо установленным и не подлежит сомнению.

Для изучения причин и характера коагуляции силикатного раствора при соприкосновении с соевым отходом были проведены специальные опыты на чистых солях (CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и др.) и на образцах солевого отхода.

На основании данных сделано заключение:

- скорость коагуляции силикатных растворов и образование пленок геля SiO_2 на солях зависят от трех факторов: концентрации раствора силиката натрия, количества и качества солей, имеющихся в солевом отходе. Пленкообразование при взаимодействии раствора силиката натрия с сернокислым кальцием замедляется с увеличением концентрации силикатного раствора, что объясняется уменьшением растворимости реагирующей соли при увеличении концентрации силиката. Толщины пленки при использовании силиката натрия 10, 20 и 30%-ной концентрации составляют, соответственно, 40, 20 и 10 мкм;

- в отношении коагуляции силикатных растворов в грунтовых условиях наибольшее значение имеют сернокислые соли Ca^{+2} и Mg^{+2} как наиболее растворимые соединения, по сравнению с углекислым Са, который является почти инертным.

Кроме образования геля кремниевой кислоты и гидрата извести в поглощающем комплексе солевого отхода происходят обменные реакции, в результате которых в щелочной среде образуются вторичные продукты. Поэтому прочность закрепленного солевого отхода в значительной степени зависит от величины емкости поглощения солевого отхода в естественном состоянии, которая выражается в ммоль на 100 г сухого солевого отхода, в щелочном растворе.

Зависимость прочности от дисперсности солевого отхода связана с площадью суммарной поверхности частиц солевого отхода и количеством цементирующего вещества. В результате поочередной инъекции раствора силиката натрия и раствора хлорида

стого кальция каждая из частиц солевого отхода покрывается тонким слоем цементирующего вещества. Плотно прилегающие частицы прочно скрепляют друг с другом, образуя жесткий «скелет», способный выдерживать значительную нагрузку.

Площадь суммарной поверхности частиц солевого отхода в единице объема, покрываемой цементирующим веществом, для разных солевых отходов будет различной. Как правило, она будет тем больше, чем меньше солевой отход. Площадь суммарной поверхности для каждой фракции солевого отхода, на которых изучалось влияние разных факторов, показывает возрастание площади суммарной поверхности, а вместе с ней и прочности при уменьшении размера частиц солевого отхода.

Толщина пленки вычислена приближенно в предположении, что цементирующее вещество покрывает около 50% поверхности частиц.

Влияние крупности частиц на прочность закрепления легко объяснить, если учесть следующие положения.

В массе солевого отхода частицы соприкасаются между собой в отдельных точках, в которых и происходит их скрепление цементирующей пленкой. У крупно-зернистого солевого отхода точек контакта будет в несколько раз меньше, чем у мелкозернистого. Таким образом, его сопротивление разрушающему усилию по любой плоскости будет значительно меньше, чем у мелкозернистого солевого отхода. Отмеченные факторы указывают на необходимость рассматривать площадь суммарной поверхности солевого отхода как основную характеристику, определяющую прочность закрепления.

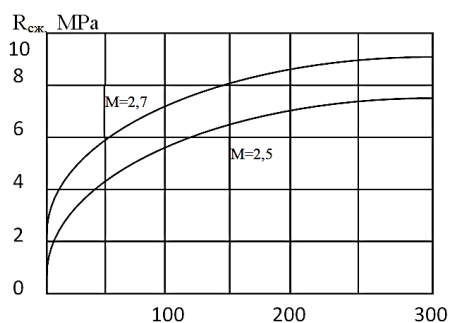


Рисунок 1. Определение прочности солевого раствора по площади удельной суммарной поверхности частиц

На рис. 1 приведена зависимость изменения прочности закрепления солевого отхода и площади удельной суммарной поверхности частиц. График зависимости показывает, что с увеличением площади суммарной поверхности солевого отхода от 1 до 300 см² предел прочности закрепленного солевого отхода увеличивается при различных модулях силиката натрия. Полученная зависимость показывает, что с увеличением площади удельной суммарной поверхности частиц до 100 см² предел прочности закрепления солевого отхода при силикатном

модуле равным 2,5 и 2,7 составляет, соответственно, 5,7 и 6,7 МПа.

Полученные данные показывают, что при дальнейшем увеличении площади удельной суммарной поверхности от 250 до 300 см² предел прочности закрепления солевого отхода составляет, соответственно, 7,1 и 9,0 МПа для силикатного модуля, равной 2,5 и 2,7.

На основании анализа и математической обработки накопленного экспериментального материала выведена следующая эмпирическая формула, которая позволяет определить прочность закрепления в пределах применимости способом [1]:

$$R_{сж} = 0.015SM \sqrt[3]{\theta}, \quad (1)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности закрепленного солевого отхода при сжатии, МПа;

S – содержание SiO₂ в силикате натрия, изменяющееся в пределах от 27 до 31%;

M – модуль силиката натрия;

θ – площадь удельной суммарной поверхности частиц, см² на 1 см³ солевого отхода, вычисляемая на основе данных гранулометрического состава.

Вторым фактором, влияющим на прочность закрепления солевого отхода, является плотность исходного раствора силиката натрия.

На рис. 2 приведена зависимость изменения прочности закрепления солевого отхода от плотности силикатного раствора при различных силикатных модулях, равным 2,6, 2,7 и 3,0. С увеличением плотности раствора силиката натрия, равной, соответственно, 1,30, 1,35, 1,40 и 1,45 г/см³ предел прочности закрепления солевого отхода составляет для силикатного модуля равным 2,6 увеличение предела прочности солевого отхода, соответственно, 4, 5, 5,2, 5,5 МПа увеличивается. Для силикатного модуля, равным 2,7, увеличение плотности силикатного раствора от 1,35, 1,45 сопровождается увеличением предела прочности солевого отхода от 6,0 до 9,1 МПа. Для силикатного модуля 3,0 увеличение плотности силикатного раствора 1,33 до 1,45 сопровождается увеличением предела прочности солевого отхода на сжатие 6,5 до 10,0 МПа.

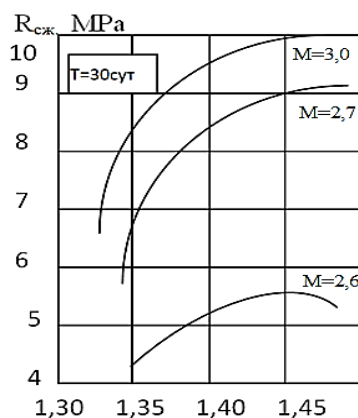


Рисунок 2. Зависимость прочности закрепленного солевого раствора от плотности силикатного раствора

По данным рис. 2 можно сделать следующие выводы:

- самая высокая прочность достигается при закреплении солевого отхода силикатом натрия с плотностью 1,40-1,45 г/см³. Использование растворов с более высокой плотностью из-за большой их вязкости приводит к неравномерному прониканию раствора в солевой отход, что снижает прочность закрепления. При закреплении солевого отхода растворами силиката натрия с плотностью ниже 1,40 г/см³ происходит снижение прочности;

- – как показали проведенные исследования, нарастание прочности в основном происходит в первые 10-15 сут., после чего ее увеличение составляет 20-30% прочности на 10-15 сут. Используемый для закрепления раствор силиката натрия может иметь различный модуль (SiO₂/Na₂O). Силикат натрия выпускается с модулем от 2,0 до 4,0. Наиболее распространенным является модуль 2,6-3,0;

- из графика видно, что повышение прочности с ростом модуля происходит до определенного предела, а именно до модуля 2,75-3,1. В дальнейшем прочность снижается. Это объясняется тем, что с повышением силикатного модуля при постоянной плотности резко повышается вязкость раствора, т. е. происходит то же самое, что и при повышении плотности раствора силиката натрия.

На основании вышесказанного можно рекомендовать для получения наиболее высоких показателей прочности при сжатии при закреплении солевого отхода двух растворным способом силикатизации применять в качестве рабочего раствора силикат натрия с модулем 2,75-3,0 и плотностью от 1,33 до 1,45 г/см³ с учетом гранулометрического состава солевого отхода. Прочность при этом достигает 5,0-6,0 МПа.

Кроме высокой прочности солевой отход после закрепления приобретает водонепроницаемость и устойчивость в агрессивных средах.

Устойчивость в агрессивных средах имеет важное практическое значение. При исследовании различных

агрессивных сред подобраны закрепленные образцы солевого отхода возрастом 28 сут. с начальной прочностью 4,6 МПа. Испытания на прочность проведены в различные сроки – через 1, 3 и 18 мес.

Анализируя данные [9, 10], можно отметить следующее:

1) силикатированный солевой отход устойчив в воздушно-влажной, водной и соленых средах, где он сохраняет свою первоначальную прочность;

2) устойчивость силикатированного солевого отхода резко снижается в концентрированных растворах щелочей и кислот. Потеря прочности в щелочной среде происходит вследствие растворения и вымывания цементирующего геля кремниевой кислоты, который в аморфном состоянии способен переходить в воде в растворимую форму.

В кислой среде идет растворение гидрата окиси кальция, который является вторым вяжущим компонентом наряду с гелем кремниевой кислоты.

На основании лабораторных опытов установлено, что срок возможной сохранности силикатированного солевого отхода в условиях высокой концентрации кислых и щелочных вод составляет 5-10 лет, что подтвердили данные полевых обследований.

Если учесть, что высокие концентрации кислот и щелочей в естественных условиях даже при искусственном загрязнении основания солевого отхода сточными водами почти исключаются, можно признать, что закрепленный двух растворным способом силикатизации солевой отход практически во всех грунтовых водах сохраняется на сроки, превышающие сроки устойчивости бетона.

При закреплении солевого отхода способом газовой силикатизации, когда солевой отход дополнительно активизируется CO₂ до и после нагнетания раствора силиката натрия, на прочность закрепления влияют, как и при двух растворном способе, плотность и модуль силиката натрия, кроме того, карбонизованность солевого отхода.

Список литературы:

1. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – Москва: «Стройиздат», 1986. – 264 с.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1988.
3. Колотыркин Я.М. Физическая химия. Современные проблемы. – М.: «Химия», 1983.
4. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: «Химия», 1976.
5. Токин А.Н. Фундаменты из цементогрунта. – М.: «Стройиздат», 1984. – 184 с.
6. Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве // Тез. докл. на X Всесоюзном науч. техн. совещ. – М.: «Стройиздат», 1983. – 378 с.
7. Безрук В.М., Гулячков Н.Л., Луканина Т.М и др. Укрепленные грунты. – М.: «Транспорт», 1982. – 230 с.
8. Блескина Н.А., Федоров Б.С. Глубинное закрепление грунта синтетическими смолами – М.: «Стройиздат», 1980. – 147 с.
9. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: «Высшая школа», 1988.
10. Соколов В.Е. Химическое закрепление грунтов. – М.: «Стройиздат», 1980. – 118 с.