

Физико-Химические Основы Получения Сульфата Калия Из Хлорида Калия И Мирабилита

З. Т. Рузиева¹, М. Ф. Дустмуродова²

Аннотация: Сульфат калия является жизненно важным соединением, широко используемым в различных промышленных процессах, сельском хозяйстве и в качестве удобрения. Его можно получить реакцией хлорида калия и мирабилита посредством ряда физико-химических процессов. Данная исследовательская работа направлена на изучение физико-химических основ получения сульфата калия из хлорида калия и мирабилита. Исследование включает изучение химических свойств, растворимости и фазового поведения реагентов и продуктов при различных условиях температуры, давления и концентрации. Будет оценено влияние различных параметров на выход и чистоту полученного сульфата калия. Исследование поможет понять основные принципы синтеза сульфата калия и оптимизировать процесс для эффективного и рентабельного производства.

Ключевые слова: сульфат калия, хлорид калия, мирабилит, физико-химические процессы, химические свойства, растворимость, фазовое поведение, температура, давление, концентрация, выход, чистота, синтез, получение, оптимизация.

ВВЕДЕНИЕ

Присутствие калия в растениях оказывает значительное влияние на обмен веществ в них и рост. При внесении калийные удобрения в почву повышаются засухоустойчивость и морозостойкость, а также устойчивость сельскохозяйственных культур к болезням. Калийные удобрения применяют обычно на фоне фосфорных или фосфорных и азотных удобрений, главным образом на дерново-подзолистых почвах, чаще на песчаных и супесчаных, а также на осушенных торфяниках, кремнеземах, серых лесных, выщелоченных почвах [1].

Особенно эффективны калийные удобрения при внесении под картофель, овощные и плодово-ягодные культуры, сахарную свеклу, лен, подсолнечник, бобовые многолетние травы, кормовые корнеплоды и другие культуры. Бесхлорные калийные удобрения вносят в основном под культуры, отрицательно реагирующие на введение в почву хлора (эфирномасличные, цитрусовые, чай, табак и т.п.).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Крупнейшими производителями и экспортерами калийных удобрений являются Канада, Россия, Белоруссия, Германия, Израиль, США, потребителями - практически все страны, занимающиеся сельскохозяйственным производством. Наиболее значимые импортеры - США, Япония, Китай, Корея, Англия и другие страны [2].

Сульфат калия – концентрированное калийное удобрение, содержит 52% окиси калия [3]. Хорошо растворим в воде. Представляет собой бесцветные кристаллы.

$$\rho_{\text{K}_2\text{SO}_4} = 2,66 \text{ г/см}^3$$

$$t_{\text{пл}} = 1074 \text{ }^\circ\text{C}$$

¹ Доц. Киэи

² Магистрант



Растворимость: 11,1 г на 100 г H₂O при 20 °С

24,1 г на 100 г H₂O при 100 °С

Сульфат калия входит в состав природных калийных солей. Он применяется для получения квасцов и поташа. В сельском хозяйстве сульфат калия используется как концентрированное бесхлорное калийное удобрение; содержит не менее 45 – 52% K₂O, не более 1% MgO и не более 10% влаги. Применяется в первую очередь под культуры, чувствительные к хлору (картофель, табак, виноград, горох, фасоль, цитрусовые), очень рекомендуется для овощей семейства простецветных (капуста, репа, редис, редька). Наличие в удобрении сульфат-иона положительно влияет на урожай растений, потребляющих много серы (капуста, брюква, турнепс, бобовые). При нагревании сульфата калия с крепкой серной кислотой образуется кислая соль — калия гидросульфат (бисульфат): $K_2SO_4 + H_2SO_4 = 2KHSO_4$, которая выше $t_{пл}$ 210 °С переходит в калия пиросульфат: $2KHSO_4 = K_2S_2O_7 + H_2O$, а затем в сульфат калия и серный ангидрид: $K_2S_2O_7 = K_2SO_4 + SO_3$. Эту реакцию используют для перевода труднорастворимых в кислотах веществ (например, прокалённых Al₂O₃, Fe₂O₃, CrO₃) в растворимые сульфаты. KHSO₄ применяют также как флюс в металлургии [3].

Таблица 1. Физико - химические свойства сульфата калия.

Наименование показателей:	
Внешний вид, цвет	Мелкокристаллический порошок белого цвета
Массовая доля K ₂ O, % в сухом веществе, не менее	53,0
Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,1
Массовая доля воды, %, не более	0,5
Рассыпчатость, %, не менее	100

Таблица 2. Агрохимические свойства сульфата калия.

Показатели	Сульфат калия
Содержание хлора (кг на 1 кг K ₂ O)	0,02 – 0,03
Действие удобрения на почву	С почвой калий связывается тем слоем почвы, в который внесен, поэтому он малоподвижен. На почвах с малой емкостью поглощения (песчаные) подвижность калия возрастает
Для каких почв, при каких условиях наиболее ценно	Для всех почв
Для каких культур имеет особое значение	Для культур, чувствительных к хлору (лен, конопля, картофель, клевер, ягодники и др.)
При каком способе внесения наиболее ценно	При любом способе – наилучшее припосевное (рядковое) удобрение; для подкормки растение питателями

Таблица 3. Требования к сульфату калия

Наименование показателя	Норма		
	Химически чистый	Чистый для анализа	Чистый
Массовая доля серно-кислого калия (K ₂ SO ₄), %, не менее	99	98	97
Массовая доля нерастворимых в воде веществ, %, не более	0,005	0,010	0,020
Массовая доля аммонийных солей (NH ₄), %, не более	0,001	0,002	0,004
Массовая доля нитратов (NO ₃), %, не более	0,001	0,002	0,004



Массовая доля хлоридов (Cl), %, не более	0,0005	0,0010	0,0020
Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,0002	0,0005	0,0010
Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,00005	0,00010	0,00040
Массовая доля натрия (Na), %, не более	0,05	0,15	0,15
Массовая доля (Ca), %, не более	0,005	0,010	0,020
Массовая доля тяжелых металлов (Pb), %, не более	0,0005	0,0010	0,0020
pH раствора препарата с массовой долей 5%	5,5-8,0	5,5-8,0	5,5-8,0

Хлористый калий представляет собой бесцветные кристаллы с кубической решеткой, температура плавления 771°K, температура плавления около 1500°С; плотность 1,989 г/см³; теплоемкость 51,3 Дж/(моль·K); $H_{пл}^{\circ} = 26,32$ кДж/моль. Растворимость в воде (г на 100г) 28,1 (0°С), 34,3 (20°С), 40,3 (40°С), 56,2 (100°С). Температура плавления эвтектики (24,6г KCl в 100г H₂O) – 10,7°С, температура кипения насыщенного водного раствора (58,4г KCl в 100г H₂O) – 108,59°С; плотность [4]:

C,% 10 20 24

d_4^{25} 1, 0633 1, 1328 1,1

Хлорид калия кристаллизуется в кубической форме, часто в виде кристаллов с притупленными углами. В чистом виде кристаллы бесцветные и водяно-прозрачные, из за примесей – красновато-желтые, ярко-красные или розовые. Твердость кристаллов (по шкале Мосса) равна 2 [5].

Таблица 4. Термодинамические показатели хлорида калия

Стандартная энтальпия образования	$\Delta H_{298(обр)}^{\circ}$	-436,56 кДж/моль
Стандартная энергия Гиббса образования	$\Delta G_{298(обр)}^{\circ}$	-408,6 кДж/моль
Стандартная энтропия образования	ΔS_{298}°	82,55 Дж/моль·K

Мирабилит (природная глауберова соль), десятиводный кристаллогидрат (декагидрат) Na₂SO₄·10H₂O. Бесцветный, мутный или прозрачный, со стеклянным блеском. Это один из самых легких минералов (плотность 1,49 г/см³). Он выпадает в осадок из растворов в виде больших бесцветных прозрачных призм. Твердость его невелика — 1,5—2,0 по Моосу. Отличается он и низкой плотностью — порядка 1,5. Соль нестойка, характерна способность мирабилита растворяться в собственной кристаллизационной воде при повышении температуры более 32°С. И имеет горький соленый вкус и тает на языке, не имеет запаха. Хорошо растворима в воде. Не горит, в огне не трещит. При для точном нахождении на воздухе или нагревание выветривается (выпаривается) и теряет массу. При полном выветривании становится обычным сульфатом натрия — порошком белого цвета. Кристаллогидрат Na₂SO₄·10H₂O растворяется в воде с сильным охлаждением; тепловой эффект растворения составляет 78,5 кДж/моль [6].

Химический состав: окись натрия (Na₂O) 19,3%, сульфат (SO₃) 24,8%, вода (H₂O) 55,9% .

Таблица 5.

Термодинамические показатели мирабилита

Стандартная энтальпия образования	$\Delta H_{298(обр)}^{\circ}$	-1384,6 кДж/моль
Стандартная энергия Гиббса образования	$\Delta G_{298(обр)}^{\circ}$	-1266,8 кДж/моль



Стандартная энтропия образования	ΔS_{298}^0	149,5 Дж/моль·К
Стандартная мольная теплоемкость	$C_p^0_{298}$	127,3 Дж/моль·К
Энтальпия плавления	$\Delta H_{(пл)}$	24,3 кДж/моль

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом использования сырья из местных сырьевых источников существенно снижается себестоимость продукции и упрощается доставка сырья. Основным сырьем для получения сульфата калия являются: хлорид калия (KCl) – получаемый на Дехканабадском калийном заводе и мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) – с Тумрюкского месторождения, получаемый из рапы соляных озер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная книга по химизации сельского хозяйства, под ред. В. М. Борисова, 2 изд., М., 1980
2. Набиев М.Н., Осичкина Р.Г. Калийные соли Тюбегатана. Ташкент. Изд. «Наука». 1965
3. Петросян О. Удобрения и подкормки. М., 2008.
4. Соколовский А.А., Унанянц Т.П. Краткий справочник по минеральным удобрениям. М. «Химия». 1977
5. ГОСТ 20851.3-93 Удобрения минеральные. Методы определения массовой доли калия. Минск. «Издательство стандартов». 1995
6. ГОСТ 4145-74 Калий серно-кислый. Технические условия. Москва. «Издательство стандартов». 1993.

