

---

---

УДК 541.123.2.034.6–143

## РАСТВОРИМОСТЬ ТВЕРДОГО СЕРЕБРА В ЖИДКОМ КАЛИИ

© 2020 г. В. М. Ивенко<sup>а</sup>, \*, В. Ю. Шишкин<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*e-mail: V.Ivenko@ihte.uran.ru

Поступила в редакцию 19.04.2019 г.

После доработки 28.04.2019 г.

Принята к публикации 11.05.2019 г.

Проведены измерения растворимости серебра в жидком калии при температурах 500, 600, 700 и 930°С. Средняя для каждой температуры величина растворимости равна соответственно 0.59, 1.41, 2.88 и 8.67 мол. % Ag.

*Ключевые слова:* расплавы, растворимость, серебро, коэффициент растворимости, калий

DOI: 10.31857/S023501062002005X

Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твердые – многообразны, имеют различную природу и важны в практическом плане. Одним из важнейших является знание величин растворимости твердых металлов в жидких. Целью данной работы было определение величины растворимости металлического серебра в жидком калии в зависимости от температуры. Ранее нами было показано, что при постоянной температуре растворимость серебра максимальна в индивидуальном калии и линейно убывает с уменьшением концентрации щелочного металла при добавке хлорида и иодида калия [2]. При этом растворимость не зависит от сорта аниона. Это позволяет сделать предположение, что для расчета растворимости серебра в металлосолевых растворах достаточно исследовать температурную зависимость растворимости серебра в калии. Исследования проводили методом изотермического насыщения в области концентраций (~ от 10 до 100 мол. % калия), где растворы проявляют свойства металлов. При более низких концентрациях (0.1–1 мол. % калия) погрешности метода слишком велики. В данном исследовании использовали металлический калий высокой чистоты (основная примесь натрия не более 0.01 мас. %), расфасованный в стеклянные ампулы. Образцы серебра представляли собой стерженьки с чистотой металла 99.99 мас. %. Материал прибора, используемого в экспериментах, был из стали 12Х18Н10Т. Методика проведения эксперимента предполагала использование взвешенного стакана из упомянутой стали с закрепленным в нем образцом серебра. Стакан помещали в герметичный контейнер и раскрепляли вкладышем. Контейнер закрывали крышкой, к которой был присоединен перегонный аппарат для калия. Он позволял после откачки всего прибора до давления порядка  $1-10^{-1}$  Па герметизировать его и вводить в прибор известное количество калия. Другие особенности конструкции прибора и технология подготовки эксперимента описаны в работе [1]. После нагрева прибора до выбранной температуры (температуру поддерживали с погрешностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ ) в стакане с серебром и введенным в контейнер калием происходило растворение серебра. Выдержка серебра в расплаве составляла 8 ч. После чего прибор вместе с печью переворачивали, и расплав с растворенным серебром выливали в верхнюю часть контейнера. Серебро после экспериментов представляло собой рав-

Таблица 1. Данные экспериментов

Температура	500°C			600°C		
номера опытов	1	2	3	1	2	3
Кол-во растворившегося серебра, моль	0.000456	0.000503	0.000536	0.001219	0.001312	0.00129
Количество заданного калия, моль	0.077488	0.089676	0.086899	0.088263	0.089611	0.088497
Концентрация $N_{Ag}$ , мол. %	0.58	0.56	0.61	1.36	1.44	1.44
среднее	0.585			1.41		
отклонение	0.000	-0.027	0.028	-0.048	0.033	0.027
%	-0.1	-4.7	4.7	-3.4	2.4	1.9
Температура	700°C			930°C		
номера опытов	1	2	3	1	2	3
Кол-во растворившегося серебра, моль	0.002606	0.002641	0.002541	0.008052	0.007987	0.008339
Количество заданного калия, моль	0.089056	0.089645	0.083612	0.085812	0.084396	0.086732
Концентрация $N_{Ag}$ , мол. %	2.84	2.86	2.95	8.58	8.65	8.77
среднее	2.88			8.66		
отклонение	-0.037	-0.018	0.069	-0.082	-0.014	0.111
%	-1.3	-0.6	2.4	-0.9	-0.2	1.3

номерно протравленные образцы, механически не разрушенные. Стенки стакана после опытов были покрыты выделившимся серебром. Количество растворившегося серебра определяли по разности массы стакана с серебром до эксперимента и после. При каждой температуре проводили эксперимент с тремя параллелями. Экспериментальные данные сведены в табл. 1.

Используя эти и полученные нами ранее данные по растворимости серебра в калии при температурах 775, 800 и 850°C [3–5] можно построить зависимость растворимости серебра от температуры. Полученные данные показаны на рис. 1.

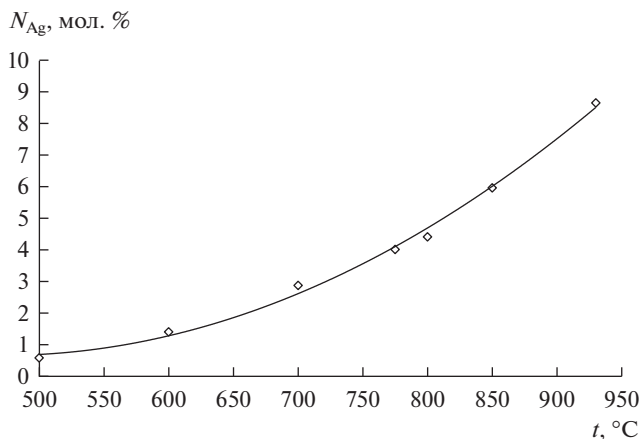


Рис. 1. Растворимость серебра в расплавленном калии в зависимости от температуры.

Их можно аппроксимировать полиномом второй степени:

$$N_{\text{Ag}}(\text{мол. \%}) = 0.00003725t^2 - 0.035074t + 8.919. \quad \Delta = 0.165,$$

где  $N_{\text{Ag}}$  (мол. %) – растворимость серебра в мол. %,  $t$  – температура, °C,  $\Delta$  – погрешность, рассчитанная на доверительном уровне 0.95.

Сплошная кривая на рис. 1 – расчет по полиному. Кривая отражает часть линии фазовой диаграммы.

Предполагая линейную зависимость растворимости серебра от концентрации калия в металлосолевых смесях можно рассчитать ее и для расплавов содержащих галогенидные соли калия [2], такие как хлориды, бромиды и иодиды. Кроме того, т.к. исследования по определению растворимости в металлосолевых расплавах проводились в области больших концентраций калия, где преобладает металлическая связь и определяющей является электронная подсистема, можно предположить линейный вид зависимости растворимости серебра от концентрации калия в этой области составов и для расплавов K–KF, а следовательно, применимость для них полученной температурной зависимости.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивенко В.М. Исследование взаимодействия серебра и меди с расплавами K–KCl и K–KI // Расплавы. 2008. № 6. С. 32–39.
2. Ивенко В.М., Шишкин В.Ю. Растворимость серебра в расплаве K–KI при 850°C // Расплавы. 2018. № 3. С. 308–311.
3. Ивенко В.М., Шишкин В.Ю. Растворимость серебра в расплаве K–KCl, имеющем двухфазную область // Расплавы. 2017. № 6. С. 497–499.
4. Ивенко В.М., Шишкин В.Ю. Растворимость серебра в расплаве K–KCl // Расплавы. 2015. № 4. С. 54–56.
5. Ивенко В.М., Шишкин В.Ю. Растворимость серебра в расплаве K–KCl при 850°C // Расплавы. 2017. № 2. С. 116–118.

### SOLUBILITY OF SOLID SILVER IN LIQUID POTASSIUM

V. M. Ivenko<sup>1</sup>, V. Yu. Shishkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of High-Temperature Electrochemistry,  
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

The solubility of silver in liquid potassium was measured at temperatures of 500, 600, 700, and 930°C. At each temperature, an experiment was performed with three parallels. The average solubility for each temperature is 0.59, 1.41, 2.88, and 8.67 mol % Ag respectively.

*Keywords:* melts, solubility, silver, solubility coefficient, potassium

### REFERENCES

1. Ivenko V.M. Issledovaniye vzaimodeystviya serebra i medi s rasplavami K–KCl i K–KI [Investigation of the interaction of silver and copper with K–KCl and K–KI melts] // Rasplavy. 2008. № 6. P. 32–39. (in Russian).
2. Ivenko V.M., Shishkin V.Yu. Rastvorimost' serebra v rasplave K–KI pri 850°C [The solubility of silver in the melt K–KI at 850°C] // Rasplavy. 2018. № 3. P. 308–311. (in Russian).
3. Ivenko V.M., Shishkin V.Yu. Rastvorimost' serebra v rasplave K–KCl, imeyushchem dvukhfaznuyu oblast' [The solubility of silver in the melt K–KCl, having a two-phase region] // Rasplavy. 2017. № 6. P. 497–499. (in Russian).
4. Ivenko V.M., Shishkin V.Yu. Rastvorimost' serebra v rasplave K–KCl [The solubility of silver in the melt K–KCl] // Rasplavy. 2015. № 4. P. 54–56. (in Russian).
5. Ivenko V.M., Shishkin V.Yu. Rastvorimost' serebra v rasplave K–KCl pri 850°C [The solubility of silver in the melt K–KCl at 850°C] // Rasplavy. 2017. № 2. P. 116–118. (in Russian).