

Keywords: Mining and beneficiation of sylvinitic ores, relationship of ore : liquor, leaching process solution, losses with waste, process parameters, stochastic and analytical mathematical models, automated system of control and monitoring.

References

- Permyakov R. S., Egorov S. V., Kolpikov G. G., Zlobinskiy A. G. *Tekhnologiya i avtomatizatsiya proizvodstva kaliynykh udobreniy* (Potassium fertilizers production technology and automation). Leningrad : Khimiya, 1973. pp. 33–43.
- Golovkov B. Yu., Kolpikov G. G., Otsup R. R., Nuraev R. Kh., Matiyko L. N. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov kaliynykh fabrik. Seriya "Kaliynaya promyshlennost"* (Automation of production processes at potassium plants. "potassium industry" series). Moscow: NIITEKhim, 1988. 48 p.
- Safrygin Yu. S., Paskina A. V., Buksha Yu. V., Timofeev V. I. *Sposob upravleniya protsessom rastvoreniya silvinitovykh rud* (Process management method for sylvinitic ore dissolution). Patent RF, No. 2398620. Applied: March 04, 2009. Published: September 10, 2010. Bulletin No. 25.
- Safrygin Yu. S., Buksha Yu. V., Timofeev V. I., Paskina A. V., Rutkovskaya T. I., Kirish K. S. *Sposob upravleniya protsessom rastvoreniya silvinitovykh rud* (Process management method for sylvinitic ore dissolution). Patent RF, No. 254940320. Applied: September 03, 2013. Published: April 27, 2015. Bulletin No. 12.
- Data science and big data analytics: discovering, analyzing, visualizing and presenting data. Indianapolis : John Wiley & Sons, Inc., 2015. 432 p.
- Douglas C. Montgomery. *Design and analysis of experiments*. Eighth edition. Indianapolis : John Wiley & Sons, Inc., 2013. 724 p.
- Sautin S. N., Punin A. E., Stoyanov S. *Primenenie elektronno-vychislitel'noy mashiny dlya planirovaniya eksperimenta: Uchebnoe posobie* (Computer use for planning an experiment: tutorial). Leningrad : Lensovet Leningrad Technological Institute, 1988. 80 p.
- Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskiy Yu. V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy* (Experiment planning when searching the optimum conditions). Moscow : Nauka, 1976. 279 p.
- Santner T. J., Williams B. J., Notz W. I. *The design and analysis computer experiments*. 2003.
- Mason R. L., Gunst R. F., Hess J. L. *Statistical design and analysis of experiments: with applications to engineering and science*. 2003.
- Charles R. Hicks. *Osnovnye printsipy planirovaniya eksperimenta* (Fundamental Concepts

- in the Design of Experiments). Moscow: Kniga po Trebovaniyu, 2013. 203 p.
- Timofeev V. I., Buksha Yu. V., Paskina A. V. *Upravlenie protsessom rastvoreniya i kristallizatsii na galurgicheskikh fabrikakh* (Control of dissolution and crystallization process at thermal-dissolving-and-crystallizing plants). *Gorniy zhurnal = Mining journal*. 2007. No. 8. pp. 96–98.
- Spravochnik po rastvorimosti solevykh sistem* (Reference book on saline system solubility). Leningrad : Khimiya, 1975. Vol. I–II. pp. 95–119.
- Svoystva galurgicheskikh rastvorov i soley. Khloridy natriya, kaliya i magniya : Spravochnik* (Properties of solutions and salts being used in thermal-dissolving-and-crystallizing processes. Sodium, potassium and magnesium chlorides : Reference book). Edited by Yu. V. Buksha and N. E. Shestakov. Saint Petersburg : Khimiya, 1997. 512 p.
- Tyurin Yu. N., Makarov A. A. *Analiz dannykh na kompyutere* (Computer data analysis). Edited by V. E. Figurnov. 3rd edition, revised and enlarged. Moscow: INFRA-M, 2003. 544 p.
- Montgomery D. C., Peck E. A., Vining G. G. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 5th edition. Indianapolis. John Wiley & Sons, Inc., 2012. 672 p.
- Kaganov V. I. *Kompyuternye vychisleniya v sredakh Excel i MathCad* (Computer calculations in Excel and MathCad). Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2003. 328 p.
- Kholodnov V. A., Dyakonov V. P., Ivanova E. I., Kiryanova L. S. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya khimiko-tekhnologicheskikh protsessov: Prakticheskoe rukovodstvo* (Mathematical modeling and optimization of chemical and technological processes: Practical guidance). Saint Petersburg: Professional, 2003. 480 p.
- Kholodnov V. A., Sirenek V. A., Chepikova V. N., Borovinskaya E. S., Krylov V. M. *Reshenie zadach bezuslovnoy optimizatsii s ispolzovaniem sistemy kompyuternoy matematiki MathCad* (Solving the problems of unconditional optimization using the computer mathematics system MathCad). Saint Petersburg : Saint Petersburg State University, 2010. 48 p.
- Anders Rasmuson, Bengt Andersson, Louise Olsson, Ronnie Andersson. *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*. University Printing House, Cambridge CB2 8BS, United Kingdom. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2014. 183 p.
- Morozov V. V., Ulitenko K. Ya., Ganbaatar Z., Delgerbat L. *Razrabotka i primenenie avtomatizirovannykh sistem upravleniya protsessami obogashcheniya poleznykh iskopayemykh* (Development and use of automated control systems for mineral concentration processes). Moscow: "Ore and Metals" Publishing House, 2013. 512 p.

УДК 661.832.321:658.567

УТИЛИЗАЦИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ РАСТВОРОВ ГАЛУРГИЧЕСКИХ ФАБРИК



А. В. ПАСКИНА,
ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук,
timofeev@galurgy.spb.ru



Ю. С. САФРЫГИН,
главный научный
сотрудник,
канд. техн. наук

АО «ВНИИ Галургии», Санкт-Петербург, Россия

Введение

Одним из видов отходов при галургическом производстве, наряду с галитовым отвалом и суспензией глинисто-солевого шлама, являются избыточные растворы. Образование любого вида отходов производства сопровождается потерями полезного компонента [1].

Избыточные растворы формируются из нескольких потоков избыточного количества жидких фаз.

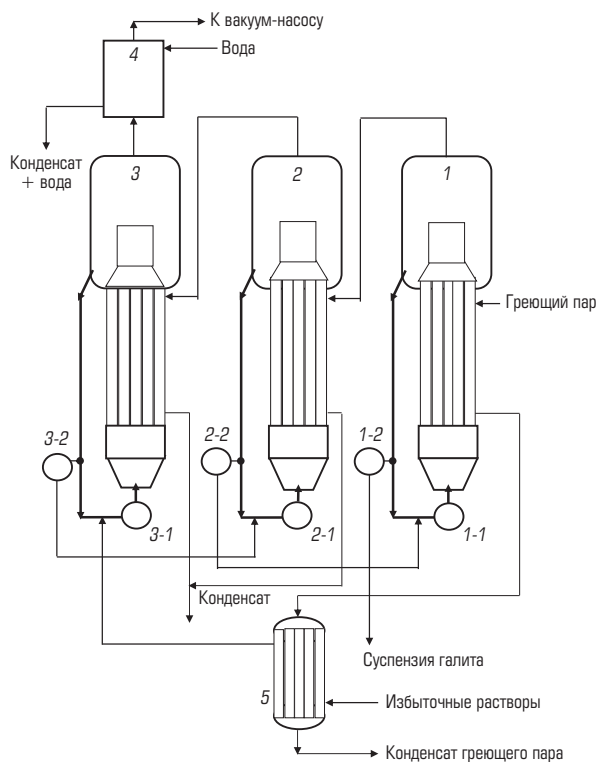
Разработана технология утилизации избыточных растворов путем их выпаривания на противоточной выпарной установке с получением суспензии, жидкая фаза которой насыщена хлористым калием и хлористым натрием при температуре ее кипения. Объединенная суспензия объединяют со сливом растворителей, объединенный осветленный насыщенный раствор направляют на стадию вакуум-кристаллизации хлористого калия.

Технология позволяет ликвидировать жидкие сбросы и потере полезного компонента с избыточными растворами, что, в свою очередь, позволяет снизить норму расхода руды на производство продукции.

Ликвидация жидких сбросов в шламохранище при производстве хлористого калия представляет важный экологический аспект разработанной технологии.

Ключевые слова: хлористый калий, вакуум-кристаллизационная установка, выпарная установка, избыточные растворы, рассол, шламохранилище, камеры большого сечения рудника.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.14>



Принципиальная схема выпаривания избыточных сильвинитовых растворов (шахтных рассолов)

Сточные воды производства образуются при промывке оборудования, аварийном его опорожнении, смыве с полов — данный вид отходов характерен для производства всех видов хлористого калия и карналлита.

Избыточные растворы образуются на стадии вакуум-кристаллизации, при получении 98–99 % хлористого калия. Их образование связано с необходимостью подачи большого количества воды для предотвращения кристаллизации в твердую фазу хлорида натрия, в результате чего расход маточного раствора после стадии вакуум-кристаллизации превышает технологически обоснованный расход оборотного раствора, который можно подать на стадию растворения руды в качестве растворяющего щелока. Избыточное количество жидкой фазы следует выводить из процесса.

В последние годы в связи с возрастающими требованиями потребителей к качеству продукции в части получения хлористого калия с пониженным содержанием хлорида натрия (не более 1–1,3 % NaCl) потери KCl с избыточными растворами возрастают. Образованию избыточного количества оборотного раствора способствует необоснованная подача в процесс рассолов из шламохранилища или камер большого сечения рудника.

Необоснованное использование рассолов в технологии провоцируется, в том числе, внедряемыми методиками расчета извлечения полезного компонента, в соответствии с которыми при поступлении полезного компонента с рассолом снижается норма расхода руды на производство продукции; при этом не учитывается тот факт, что с разбавленными рассолами в процесс вводит-

ся избыточное количество воды. Массовая доля KCl в рассолах составляет от 5 до 11 %, массовая доля H₂O — от 70 до 85 %.

Все перечисленные потоки избыточных жидких фаз аккумулируются в резервных емкостях и могут быть использованы для различных технологических целей, например для заполнения системы после остановочных ремонтов. Избыточное количество растворов сбрасывают, как правило, в шламохранилище, усугубляя при этом существующую экологическую проблему. Рост объемов производства продукции сопровождается увеличением объемов сбросов и требует расширения площадей шламохранилищ.

В избыточных растворах сильвинитовых фабрик массовая доля полезного компонента может составлять от 5 до 12,5 % KCl.

Используются различные пути утилизации избыточных растворов, в основном предлагается закачка в подземные горизонты [2–6], разбавление и сброс в моря [7–10], а также другие варианты захоронения [11–15].

Помимо возможных негативных последствий экологического характера, данные способы утилизации избыточных растворов сопровождаются безвозвратными потерями полезного компонента.

Научно-исследовательские и опытно-промышленные разработки по выпариванию сильвинитовых растворов

Еще в 1970-е годы во ВНИИ Галургии проводили исследования и разрабатывали технологию выпаривания сильвинитовых растворов, основанную на различиях в температурной зависимости растворимости основных компонентов растворов — хлоридов калия и натрия. Растворимость хлорида натрия определяется в основном содержанием воды в системе и мало зависит от температуры. Растворимость хлорида калия, напротив, определяется в первую очередь температурой и повышается с ее ростом. При выпаривании воды из сильвинитового раствора в твердую фазу будет кристаллизоваться в первую очередь хлорид натрия.

В то время целью работы являлось получение при переработке сильвинитовой руды наряду с хлористым калием пищевой соли высших сортов. Технологическая схема предусматривала выпаривание части маточного раствора после вакуум-кристаллизации хлористого калия с получением поваренной соли [16].

Первые опытные работы по выпариванию сильвинитовых растворов, не насыщенных по KCl, проводили в корпусе опытных установок ПО «Уралкалий» (ныне — ПАО «Уралкалий»). Маточный раствор выпаривали в трубчатых выпарных аппаратах под небольшим избыточным давлением; степень испарения воды составляла 50 % общего ее количества в маточном растворе. После обезвоживания кристаллизата на центрифугах осуществляли его промывку путем репульсации в насыщенном по NaCl растворе и последующую промывку водой «методом вытеснения» жидкой фазы при фильтрации на центрифугах. После сушки поваренная соль соответствовала сорту «высший».

Следует отметить, что в процессе получения выварочной поваренной соли маточный раствор, поступающий на выпарку и содержащий, наряду с основными компонентами KCl и NaCl, сульфат кальция и хлориды магния и кальция, не подвергался химической очистке от солей магния и кальция, в отличие от традици-

онных способов переработки рассолов с получением пищевой соли. Химическая очистка и отстаивание рассолов необходимы для предотвращения инкрустации выпарного оборудования сульфатом кальция и загрязнения получаемой пищевой соли гипсом.

В соответствии с разработанной во ВНИИ Галургии схемой для устранения указанных нежелательных явлений, в маточный раствор, поступающий на выпарку, вводили 0,25%-ный раствор полиакриламида с расходом 5–10 г (в пересчете на 100 %) на 1 т раствора. Добавка полиакриламида способствовала образованию устойчивого пересыщения маточного раствора сульфатом кальция и препятствовала его кристаллизации в твердую фазу [17, 18].

По результатам проведенных исследований и опытных работ в 1973 г. была выдана документация для проектирования опытно-промышленной установки по получению пищевой соли как продукта, сопутствующего производству галургического хлористого калия на ПО «Уралкалий».

В 1983 г. было ведено в эксплуатацию производство сульфата калия конверсией хлористого калия и сульфата натрия на ПО «Беларуськалий», в состав которого входила установка по выпариванию сильвинитовых растворов, образующихся после отделения сульфата калия, с получением поваренной соли и маточного раствора, насыщенного по KCl и NaCl. Также предусматривалась подача на выпарку избыточного количества щелоков (так называемого дебаланса щелоков), в том числе сточных вод, образующихся при промывке оборудования и смыве с полов.

Проект производства сульфата калия был разработан сотрудниками ВНИИ Галургии. Выпаривание сильвинитовых растворов осуществлялось в трехкорпусной выпарной установке, оснащенной выпарными аппаратами с принудительной циркуляцией. Проектом были предусмотрены одна рабочая и одна резервная линии выпарки. В 1980-е годы в процессе эксплуатации производства сульфата калия осуществлялось выпаривание щелоков с отделением хлористого натрия (галита), который направляли в солеот-

вал. В 1990-е годы производство сульфата калия на ПО «Беларуськалий» было закрыто.

В настоящее время на сильвинитовых фабриках ПАО «Уралкалий» потери KCl с избыточными растворами являются одними из основных видов потерь полезного компонента, наряду с его потерями с галитовыми отходами и суспензией глинисто-солевого шлама.

Во ВНИИ Галургии разработана технология [19] утилизации избыточных растворов путем их выпаривания на противоточной выпарной установке с получением суспензии, жидкая фаза которой насыщена хлористым калием и хлористым натрием при температуре ее кипения. Образующуюся суспензию объединяют со сливом растворителей, объединенный сгущенный солевой шлам выводят из процесса, а объединенный осветленный насыщенный раствор направляют на стадию вакуум-кристаллизации хлористого калия. В основу разработанной технологии по выпариванию сильвинитовых растворов положены результаты научно-исследовательских и опытных работ, выполненных в институте еще в 1970-х годах В. В. Вязовым и Ю. Н. Савватиним [16].

Были выполнены обосновывающие расчеты и разработана технологическая схема утилизации избыточных растворов Четвертого Березниковского калийного производственного рудоправления (БКПРУ-4) ПАО «Уралкалий». Рекомендуемая принципиальная технологическая схема приведена на рисунке.

Избыточные растворы выпаривают в трехкорпусной установке, включающей выпарные аппараты 1, 2, 3 с соосной греющей камерой и выносной циркуляционной трубой. Циркуляция упариваемого раствора по трубкам греющей камеры осуществляется с помощью насосов 1-1, 2-1, 3-1 соответственно. Движение упариваемого раствора и греющего пара через корпуса выпарной установки осуществляется в режиме противотока.

В греющую камеру первого, наиболее «горячего» корпуса 1, поступает греющий пар. Первый корпус работает при избыточном давлении. Конденсат греющего пара из первого корпуса исполь-

Таблица 1. Параметры избыточных растворов и суспензии (массовое соотношение жидкой и твердой фаз Ж:Т=28:25), образующейся при выпаривании избыточных растворов

Наименование потока	Полный химический состав, массовая доля, %					Температура, °С	Плотность, г/см ³
	KCl	NaCl	(MgCl ₂ + CaCl ₂)	CaSO ₄	H ₂ O		
Избыточные растворы	12,20	12,20	0,34	0,17	75,09	30	1,169
Суспензия, всего	19,80	19,80	0,56	0,28	59,56	110–112	1,250
В том числе:							
жидкая фаза	20,51	16,97	0,58	0,29	61,65	110–112	1,232
твердая фаза	0	100	0	0	0	110–112	2,165

Таблица 2. Сравнительные данные по нормам расхода сырья и энергоресурсов для производства 98%-ного хлористого калия

Статья затрат на производство продукции	Традиционная схема производства	Схема с выпариванием избыточных растворов и возвратом упаренной суспензии в основной процесс
Сильвинитовая руда с массовой долей KCl, равной 30,5 %, т	3,744	3,6397
Теплоэнергия, МДж (Гкал)	1812,88 (0,433)	2078,75 (0,4965)
Электроэнергия, кВт·ч	67,68	71,07

зуются для предварительного нагревания избыточных растворов в теплообменнике 5.

Избыточные растворы после предварительного нагревания в теплообменнике поступают в третий, наиболее «холодный» корпус 3; далее последовательно проходят, вместе с кристаллизующейся твердой фазой, из третьего во второй 2 и далее в первый 1 корпус. Упаренный раствор (суспензия) отводится из нижней части сепаратора выпарных аппаратов; отбор производится с помощью центробежных насосов 1-2, 2-2, 3-2.

Упаривание избыточных растворов должно осуществляться таким образом, чтобы в первом («продукционном») корпусе достигалось заданное значение степени насыщения жидкой фазы по KCl, при этом хлорид калия не должен кристаллизоваться в твердую фазу. Критерием является значение массовой доли KCl в суспензии, поэтому отбор продукционной суспензии из первого корпуса осуществляется в зависимости от массовой доли KCl в суспензии.

Во втором корпусе в качестве греющего пара используется вторичный пар — растворный пар первого корпуса. Давление греющего (вторичного) пара во втором корпусе близко к атмосферному давлению.

В третьем корпусе в качестве греющего пара используется вторичный пар — растворный пар второго корпуса. Третий корпус работает под вакуумом, который создается за счет конденсации растворного пара в барометрическом конденсаторе 4 охлаждающей водой и удаления несконденсировавшегося пара и воздуха с помощью вакуум-насоса.

Производительность установки должна составлять 100 м³/ч избыточных сильвинитовых растворов. Выпарные аппараты с соосной греющей камерой и выносной циркуляционной трубой и теплообменник, в котором осуществляется предварительное нагревание избыточных растворов, должны быть изготовлены из титана. Все основное оборудование может быть изготовлено российскими предприятиями, имеющими большой опыт в производстве теплообменного оборудования из титана.

Упаренная суспензия с температурой более 100 °С, состоящая из твердой фазы (галита) и жидкой фазы, насыщенной по KCl и NaCl, поступает в основной процесс производства на стадию сгущения солевого шлама. При этом твердая фаза суспензии будет осаждаться с основным потоком солевого шлама со стадии

растворения руды и далее удаляться из процесса вместе с галитовыми отходами.

При отсутствии избыточных растворов либо их присутствии в небольшом количестве, что имеет место при производстве 95%-ного хлористого калия, на выпарную установку можно подавать шахтные рассолы из камер большого сечения рудника. Состав шахтных рассолов идентичен составу оборотного (маточного) раствора. Суспензию, образующуюся после выпаривания шахтных рассолов (либо их смеси с избыточными растворами производства), также подают в основной процесс. При этом исключается ввод избыточного количества воды в процесс.

В табл. 1 даны параметры избыточных растворов, поступающих на выпарную установку, и суспензии, поступающей с выпарной установки в основной процесс. В **табл. 2** приведены сравнительные данные по нормам расхода сырья и энергоресурсов для производства 98%-ного хлористого калия.

В соответствии с данными табл. 2, извлечение KCl из руды в продукт (хлористый калий с массовой долей KCl 98,2 %) возрастет с 86 до 88,5 %. Реализация схемы выпаривания избыточных сильвинитовых растворов с возвратом образующейся суспензии в основной процесс производства хлористого калия в условиях БКПРУ-4 должна сопровождаться повышением извлечения на 2,5 %.

Выводы

Таким образом, специалистами ВНИИ Галургии разработана и апробирована в производственных условиях технология утилизации избыточных растворов путем их выпаривания на противоточной выпарной установке с получением суспензии галита.

Внедрение технологии выпаривания избыточных растворов позволяет:

- ликвидировать жидкие сбросы и потери KCl с избыточными растворами;
- за счет исключения потерь KCl с избыточными растворами повысить извлечение и снизить норму расхода руды на производство продукции;
- увеличить часовую производительность по готовому продукту без повышения расхода руды в процессе.

Кроме того, ликвидация жидких сбросов в шламохранище при производстве хлористого калия представляет важный экологический аспект разработанной технологии.

Библиографический список

1. Сафрыгин Ю. С., Паскина А. В., Букша Ю. В. Технология производства галургического хлористого калия в России и Беларуси // Горный журнал. 2007. № 8. С. 25–30.
2. Липницкий В. К., Трофимов В. П., Морозов В. П. Подземный сброс избыточных рассолов на калийных предприятиях / Актуальные вопросы переработки природных солей : Труды ВНИИГ. — СПб. : ЛИК, 2001. Т. 1. С. 202–207.
3. Рельникова М. В., Ангелов В. А., Туркин И. С. Особенности технологических и конструктивных решений по утилизации отходов добычи и переработки руд в выработанном пространстве рудников // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 2. С. 59–66.
4. Шемет С. Ф., Стромский А. С., Шемякина М. Г. Основные направления утилизации шламовых отходов калийного производства Беларуси // Горный журнал. 2012. № 8. С. 72–76.
5. Пат. 2188955 РФ. Способ подземного захоронения избыточных рассолов калийных предприятий / А. М. Поликша, Н. В. Кузнецов, В. К. Липницкий и др. ; заявл. 11.02.2000 ; опубл. 10.09.2002, Бюл. № 25.
6. Борзаковский Б. А., Русаков М. И. Технология размещения шламов в подземных горных выработках в геотубы // Горный журнал. 2015. № 3. С. 91–94.
7. Plans for updating of potash operations in Spain // Fertilizer Focus. 2011. May – June. P. 22–23.
8. Brazilian potash production on the up // Fertilizer Focus. 2001. № 10. P. 26–31.
9. Increase in recovery at Cleveland Potash. — Trans. Inst. Min. Metall // 2001. Vol. 110. January – April. P. 55–60.
10. Русаков М. И. Использование отходов производства в приготовлении составов твердеющей закладки для эффективного использования запасов калийного месторождения // Рудник будущего. 2011. № 3. С. 83–85.

11. Чуров В. А., Шемет С. Ф., Шутин С. Г. Природоохранные способы размещения отходов калийного производства // Горный журнал. 2010. № 8. С. 86–88.
12. Малиновская Е. А. Негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду предприятием ОАО «Беларуськалий» // Материалы XI Междунар. науч.-практич. конф. «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах РФ». Кемерово, Кузбасский государственный технический университет, 24–25 ноября 2015. С. 45–52.
13. Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft mbH // Kali und Steinsalz. 2012. Heft 1. S. 24–32.
14. Der Sevilla-Prozess — Untertageverwertung ist beste verfügbare Technik // Kali und Steinsalz. 2014. Heft 1. S. 6–11.
15. Bewertung der mittel-bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen // Kali und Steinsalz. 2014. Heft 2. S. 34–41.
16. Вязовов В. В., Савватин Ю. Н., Рутковская Т. И. Комплексная переработка сильвинитов // Технология переработки калийных солей и природных рассолов : Труды ВНИИГ. — Л., 1973. Вып. 63. С. 64–70.
17. Савватин Ю. Н. Влияние добавок полиакриламида на инкрустацию греющих поверхностей при выпарке солевых растворов // Технология переработки солей и природных рассолов : Труды ВНИИГ. — Л., 1973. Вып. 63. С. 104–115.
18. Савватин Ю. Н. О чистоте поваренной соли, получаемой методом выпаривания маточных щелочков сильвинитовых химфабрик // Технология и оборудование для переработки сильвинитовых и сильвин-карналлитовых руд : Труды ВНИИГ. — Л., 1975. Вып. 75. С. 1–11.
19. Пат. 2500620 РФ. Способ получения хлористого калия / Ю. С. Сафрыгин, А. В. Паскина, Ю. В. Букса, В. И. Тимофеев, Г. В. Осипова, Т. И. Рутковская ; заявл. 04.05.2012 ; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34. **ТЖ**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 4, pp. 71–75
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.14>

Disposal of superfluous solutions from salt processing plants

Information about author

A. V. Paskina¹, Leading Researcher, Candidate of Engineering Sciences, timofeev@galurgy.spb.ru

Yu. S. Safrygin¹, Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences

¹ VNII Galurgy Stock Co., St. Petersburg, Russia

Abstract

In the 1970s in the VNII Galurgy the research was conducted and evaporation technology of sylvinit solutions based on the differences in the temperature dependence of the solubility of the main components of solution - potassium and sodium chlorides was developed. The solubility of sodium chloride is mainly determined by the water content in the system and is only slightly dependent on the temperature. The solubility of potassium chloride, in contrast, is determined primarily by the temperature and increases with temperature increasing. During evaporation of water from sylvinit solution into the solid phase would crystallize primarily sodium chloride. While the aim of the research was to obtain during the processing of sylvinit ore, along with the potassium chloride, the salts of higher food qualities. Flowsheet provided evaporating of the part of the mother liquor after vacuum-crystallization to yield common salt.

The process have been developed for recycling of excessive solutions by means of their evaporating in a counter-current evaporation unit producing suspension the liquid phase of which is saturated with potassium chloride and sodium chloride, at the temperature of its (suspension) boiling. The suspension which is being formed is combined with overflow from dissolving units, then combined and thickened saline slime is removed from the process and combined clarified saturated solution is sent to the stage of potassium chloride vacuum crystallization.

The process enables to eliminate liquid effluent and loss of mineral value along with excessive solutions, thus, in its turn, enabling to lower the rate of ore consumption for manufacturing the product.

Elimination of liquid effluent into a slime depot (storage) while producing potassium chloride is an important environmental aspect in the developed process.

Keywords: Potash chloride, vacuum-crystallizing plant, evaporator system, superfluous solutions, salt solution, sludge dump, heavy gauge chamber of open mine.

References

1. Safrygin Yu. S., Paskina A. V., Buksha Yu. V. Tekhnologiya proizvodstva galurgicheskogo khloristogo kaliya v Rossii i Belarusi (Manufacturing technology for hot-leached potassium chloride in Russia and Belarus). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2007. No. 8. pp. 25–30.
2. Lipnitskiy V. K., Trofimov V. P., Morozov V. P. Podzemny sbros izbytochnykh rassolov na kaliyinykh predpriyatiyakh (Underground dumping of surplus brines at potassium enterprises). *Aktualnye voprosy pererabotki prirodnykh soley : Trudy VNIIG* (Urgent problems in natural salt processing : VNII Galurgy Transactions). Saint Petersburg : LK, 2001. Vol. 1. pp. 202–206.
3. Rylnikova M. V., Angelov V. A., Turkin I. S. Osobennosti tekhnologicheskikh i konstruktivnykh resheniy po utilizatsii otkhodov dobychi i pererabotki rud v vyrabotannom prostranstve rudnikov (Peculiarities of technological and design solutions on utilization of ore mining and processing wastes in mine goaf). *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2015. No. 2. pp. 59–66.
4. Shemet S. F., Stromskiy A. S., Shemyakina M. G. Osnovnye napravleniya utilizatsii shlamovykh otkhodov kaliynogo proizvodstva Belarusi (Main trends in recycling of slime wastes of potassium production in Belarus). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2012. No. 8. pp. 72–76.
5. Poliksha A. M., Kuznetsov N. V., Lipnitskiy V. K. et al. *Sposob podzemnogo zakhoroneniya izbytochnykh rassolov kaliyinykh predpriyatiy* (Method for underground burial of surplus brines from potassium enterprises). Patent RF, No. 2188955. Applied: February 11, 2000. Published: September 10, 2002. Bulletin No. 25.
6. Borzakovskiy B. A., Rusakov M. I. Tekhnologiya razmeshcheniya shlamov v podzemnykh gornykh vyrabotkakh v geotuby (Technology for slime placing in underground mine workings into geotubes). *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2015. No. 3. pp. 91–94.
7. Plans for updating of potassium operations in Spain. *Fertilizer Focus*. 2011. May/June. pp. 22–23.
8. Brazilian potassium production on the up. *Fertilizer Focus*. 2001. No. 10. pp. 26–31.
9. Increase in recovery at Cleveland potassium. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*. 2001. Vol. 110, January–April. pp. 55–60.
10. Rusakov M. I. Ispolzovanie otkhodov proizvodstva v prigotovlenii sostavov tverdeyushchey zakladki dlya effektivnogo ispolzovaniya zapasov kaliynogo mestorozhdeniya (Use of production waste for preparation of solidifying backfill stowing compounds in order to efficiently use potassium deposit reserves). *Rudnik budushchego = The Mine of the Future*. 2011. No. 3. pp. 83–85.
11. Churov V. A., Shemet S. F., Shutin S. G. Prirodookhrannyye sposoby razmeshcheniya otkhodov kaliynogo proizvodstva (Environmental protection methods for disposal of potassium production wastes). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2010. No. 8. pp. 86–88.
12. Malinovskaya E. A. Negativnoye vozdeystviye, okazyvaemoe na okruzhayushchuyu sredyu predpriyatiem otkrytogo aktsionernogo obshchestva "Belaruskali". (JSC "Belaruskali" negative effect on environment). *Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti predpriyatiy v promyshlennno razvitykh regionakh Rossiyskoy Federatsii : Materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Safety of activities for Russian enterprises in industrially developed regions : Materials of the XI International scientific and practical conference). Kemerovo : Kuzbass State Technical University, 24–25 November 2015. pp. 45–52.
13. Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungs-gesellschaft mbH. Kali und Steinsalz. 2012. Heft 1. pp. 24–32.
14. Der Sevilla-Prozess – Untertageverwertung ist beste verfügbare Technik. Kali und Steinsalz. 2014. Heft 1. pp. 6–11.
15. Bewertung der mittel-bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen. Kali und Steinsalz. 2014. Heft 2. pp. 34–41.
16. Vязовов В. В., Савватин Ю. Н., Рутковская Т. И. Kompleksnaya pererabotka silvinitov (Comprehensive processing of sylvinites). *Tekhnologiya pererabotki kaliyinykh soley i prirodnykh rassolov : Trudy VNIIG* (Processing technology for potassium salts and natural brines: VNII Galurgy Transactions). Leningrad, 1973. Iss. 63. pp. 64–70.
17. Savatin Yu. N. Vliyaniye dobavok poliakrilamida na inkrustatsiyu greyushchikh poverkhnostey pri vyparke soleyvykh rastvorov (Effect of polyacrylamide additives on incrustation of heating surfaces with saline solution evaporating). *Tekhnologiya pererabotki kaliyinykh soley i prirodnykh rassolov : Trudy VNIIG* (Processing technology for potassium salts and natural brines: VNII Galurgy Transactions). Leningrad, 1973. Iss. 63. pp. 104–115.
18. Savatin Yu. N. O chistote povarennoy soli, poluchaemoy metodom vyparivaniya matochnykh shchelochkov silvinitovykh khimfabrik (About the purity of sodium chloride produced by means of evaporating mother liquors in sylvinit chemical plants). *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki silvinitovykh i silvin-karnallitovykh rud : Trudy VNIIG* (Technology and equipment for processing sylvinit and cylvine-carnallite ores : VNIIG Transactions). Leningrad, 1975. Iss. 75. pp. 11–17.
19. Safrygin Yu. S., Paskina A. V., Buksha Y. V., Timofeev V. I., Osipova G. V., Rutkovskaya T. I. *Sposob polucheniya khloristogo kaliya* (Potassium chloride production method). Patent RF, No. 2500620. Applied: May 04, 2012. Published: December 10, 2013. Bulletin No. 34.