

ОХ УЖ ЭТИ ОТХОДЫ! Вместо заключения.

Когда командно-административная система осваивает бюджетные, т.е. народные деньги, которых зачастую совсем не жалко, то статус говорящей головы может быть определяющим. Но для тех, кто вкладывает собственные средства в реализацию каких-то идей и рискует благополучием своей семьи, источник информации значения уже не имеет. И тогда становится безразлично, чьё это мнение, академика или “бывшего лаборанта”.



Поскольку “голландец” и его научные кураторы до сих пор так и не определились, из чего и в каком количестве на будущем Нивенском ГОК они собираются получать сульфат калия (SOP), то расчёты разумнее вести исходя из запасов калийно-магниевых руд, поставленных на учёт.

Прогнозные ресурсы Калининградской области оценивались в 3 млрд т сырых солей, из них 0,8 млрд т – растворимые соли со средним содержанием K_2O 8,0-10,0%. При этом основное количество растворимых солей (до 60-70%) приурочено к Нивенской впадине. При повторном бурении прогноз подтвердился с высокой точностью. Из материалов, представленных на презентации, следует, что суммарные запасы сырых солей (категории C_1+C_2) на

Нивенском проявлении составляют около 450 млн т. Половина из них относится к категории С₁ или балансовым запасам. Именно эта категория запасов обычно принимается в расчет западными экспертами при оценке перспектив будущих ГОК.

Среднее содержание К₂О в нивенских рудах не превышает 10% – сырьё бедное. Но это обычная картина при сложном минералогическом составе калийно-магниевых сульфатно-хлоридных отложений. Эксплуатационные запасы составляют половину промышленных (таблица 1). Это стандартная практика для соляных рудников и то количество сырья, которое реально можно поднять из-под земли, не проводя обширную дорогостоящую закладку выработанного пространства твердеющими цементными составами.

Таблица 1. Запасы нивенских калийно-магниевых отложений.

ЗАПАСЫ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ НИВЕНСКОЕ -1

1. Геологические запасы полезных компонентов калийно-магниевых солей								
Блок, категория запасов	Мощность полезного ископаемого, м	Содержание, %			Запасы, тыс. т			
		К ₂ О	SO ₄	Mg	сырых солей	К ₂ О	SO ₄	MgO
1 Геологические запасы								
Основной пласт								
C ₁ -1	5,96	11,57	7,12	5,54	270243	31267	19241	25003
C ₂ -2	7,0	12,22	7,12	5,54	21417	2617	1525	1932
Линзовидные тела								
C ₂ -1	23,54	8,08	10,48	4,82	224419	18133	23519	18064
По участку								
Всего					516079	52017	44285	45000
3 Промышленные запасы								
C ₁ -1					228266,4	26836,2	16252,6	22677,5
C ₂ -1					218896,8	17686,8	22940,3	17797,8
Всего					447163,2	44523,0	39192,9	40475,3
4 Эксплуатационные запасы								
C ₁ -1					114133,2	13418,1	8126,3	11338,8
C ₂ -1					109448,4	8843,4	11470,15	8898,9
Всего					223581,6	22261,5	19596,5	20237,7

Достаточно рентгенофазового анализа (РФА) и несложных расчётов, чтобы на основании данных, представленных в таблице 1, выяснить количественный минералогический состав сырья, хотя его так старательно пытается скрыть “голландец” (таблица 2).

Таблица 2. Расчётный минералогический состав солевых отложений.

Категория запасов	Категория запасов Содержание минералов в рудах, % масс.			
	карналлит	каинит	кизерит	галит
C ₁	55,1	21,6	следы	~ 22-23
C ₂	28,6	21,2	4,7	~ 44-45

Впрочем, минералогический состав солевых пород нивенских калийно-магниевых отложений уже давно ни для кого секретом не является http://rezonans39.ru/index.php?them=Mineralnyj_sostav_galogennyx_porod_centralnoj_chasti_nivenskoj_vpadijny_kaliningradsko-gdanskogo_solenosnogo_bassejna&menu=news&id=658.

Данные таблицы 1 позволяют сделать вывод, что в категории запасов C₁ дефицит сульфат-ионов относительно калия в соответствии со стехиометрией химического соединения K₂SO₄ составляет не менее 40%. Для категории запасов C₂, напротив, характерен избыток сульфатов (~27%), но в целом для нивенского сырья (сумма C₁+C₂) стехиометрический недостаток серы относительно калия составляет около 14%. Этот факт, несомненно, должен учитывать амбициозный “голландец”, планирующий стать крупнейшим поставщиком SOP на мировой рынок калийных удобрений, поскольку потенциал будущего производства без дополнительных поставок водорастворимых сульфатов определяется только теми запасами, что имеются. Правда, в буклете ООО «Стриктум», представленном на презентации, указано, что на переработку будет поступать руда следующего состава:

кизерит MgSO₄·H₂O – 4,8%;

карналлит KMgCl₃·6H₂O – 42,7%;

каинит KCl·MgSO₄·3H₂O – 23,3%;

галит NaCl – 29%.

Судя по всему, разработчики-проектанты предполагают смешивать сырьё из разных выработок. Однако сложно понять (таблица 2), как при этом собираются вытянуть нужное содержание кизерита до 4,8% в купаже. Возможно, это негласное признание необходимости дополнительных поставок кизерита

для уменьшения потерь калия при переработке нивенского сырья в товарный SOP.

Как уже неоднократно упоминалось, масса отходов, образующихся при получении сульфата калия, зависит от состава перерабатываемой руды и производственных потерь. Состав сырья определяет также выбор технологической схемы его переработки в бесхлорное калийное удобрение. Так, согласно технологической схеме проекта Очоа (США) или старого варианта проекта Йорк исходный полигалит $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ должен отмываться от примеси галита, сушиться, прокаливаться и разлагаться водой с последующей фильтрацией пульпы и отделением гипса (сульфат кальция). Из фильтрата, содержащего растворённые сульфаты калия и магния, в дальнейшем кристаллизацией выделяется SOP. Технология требует высоких затрат энергии, но выход товарного продукта из высококачественного полигалитового сырья составляет около 82% от теоретической возможности.

Германский производитель (компания K+S) в качестве сырья для получения SOP использует хлорид калия и кизерит, предварительно очищенные от посторонних примесей:



Для выделения исходных компонентов (уравнение 1) из руд сложного состава на фабриках Верра в основном используют метод флотации и электро-сепарации. Указанные методы обогащения калийно-магниевых руд не пригодны для разделения компонентов карналлита, поскольку этот минерал представляет собой индивидуальное химическое соединение $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$, а не механическую смесь солей, хотя для удобства формулу карналлита чаще записывают как $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

Можно не сомневаться, что компания K+S использует все технические новинки, чтобы снизить потери обогащенного и очищенного сырья при его переработке в SOP, однако инженерам и химикам подвластно далеко не всё. Рабочий раствор из-за накопления хлорида магния приходится безвозвратно выводить из технологического процесса, что обуславливает высокие потери

ценных компонентов, хотя они начинаются уже на стадии флотационного обогащения руд. Согласно имеющимся литературным данным, в промышленности выход товарного SOP по схеме (уравнение 1) составляет около 60%.

Конечно, никто из производителей не хочет муссировать свои технические проблемы. Компания K+S их и не скрывает, хотя реальную картину потерь калия и сульфатов при переработке хлоридно-сульфатных калийно-магниевых руд в товарные продукты приходится восстанавливать по крупяцам.

Итак, фабрики Верра ежегодно отправляют в отвалы до 15 млн т галита, еще примерно 2 млн т галита остаётся под землёй после обогащения руды методом электросепарации и около 1 млн т галита ежегодно используется в качестве закладочного материала выработанных шахт: итого 18 млн т галитовых отходов, не важно, где в конечном итоге они оказываются. В среднем этот отход содержит 5-7% сульфата магния, отсюда и его потери с отходами галита – до 1 млн т в год. Кроме того, ежегодные потери сульфата магния с отработанными жидкими щелоками (8-9 млн м³) составляют около 0,45 млн т. Это, кстати, данные фирмы K-Utec, “лидера-проектировщика” калийных ГОК, по мнению ООО «Стриктум». Компания K+S ежегодно поставяет на мировой рынок до 1 млн т кизерита и около 0,75- 0,8 млн т SOP. Для получения такого количества SOP (уравнение 1) требуется 0,55 млн т безводного сульфата магния. Кроме того, сульфат магния содержат иные марки удобрений (Магнезия-каинит и Корн-кали), выпускаемых компанией K+S, однако объём их производства относительно невелик. Как ни крути, получается, что суммарные потери сульфата магния составляют не менее 40%. Относительные потери калия значительно ниже. Оно и понятно: далеко не весь добытый калий перерабатывается в бесхлорное удобрение. Кроме того, калия гораздо меньше и в галитовых отвалах (1-3%), и в отработанных хлормгниевых щелоках (0,35 млн т ежегодно). Всевозможные идеи полностью выделять оставшиеся полезные компоненты из отходов калийного производства разби-

ваются вдребезги о законы химии, физики, экономики и экологические стандарты Евросоюза. **Diese Projektidee ist nicht realisierbar!!!** – Эту идею нельзя осуществить на практике!!! Именно так сказано в документе *Plausibilitätsprüfung der Projektidee „Eindampfen von 6,8 Mio. m³ Salzabwässern / Produktion von Kaliumsulfat“*.

К слову, на закрытых калийных фабриках Калуша потери калия из добытых каинито-лангбейнитовых руд составляли не менее 45%, а на выпуск SOP там даже не замахивались, ограничиваясь производством калимагнезии. Причина кроется в меняющемся составе сырья и невозможности тщательно очищать его от примесных компонентов, осложняющих галургический процесс. Производство в Калуше было сравнительно небольшим, но бед после себя оставило предостаточно.

Учитывая состав сырья, несложно подсчитать ежегодный объём отходов будущего Нивенского ГОК. Этот показатель в зависимости от выхода товарного продукта при планируемой мощности производства 1 млн т SOP/год указан в таблице 3. Чтобы оценить минимальный объём (млн м³) жидких отходов, достаточно указанную массу безводного хлорида магния (таблица 3) умножить на 2,3. И это без учета других солей (хлорид калия, сульфат магния), оказавшихся в отработанных щелоках! В действительности жидких отходов будет больше. Наивную слепую веру в будущее безотходное производство в Нивенском лучше оставить ребятишкам из детского сада.

Таблица 3. *Расчётная масса отходов Нивенского ГОК.*

Выход SOP, %	Масса, млн т		
	сырая руда	галит	хлорид магния
100	4,54	1,32	1,22
60	7,57	2,20	2,03
50	9,08	2,64	2,44

Как уже не раз упоминалось, отходами калийной промышленности являются галит, глинисто-солевые шламы и хлормagneйные щелока. В отходах калийного производства порой оказывается до 80% добытой руды.

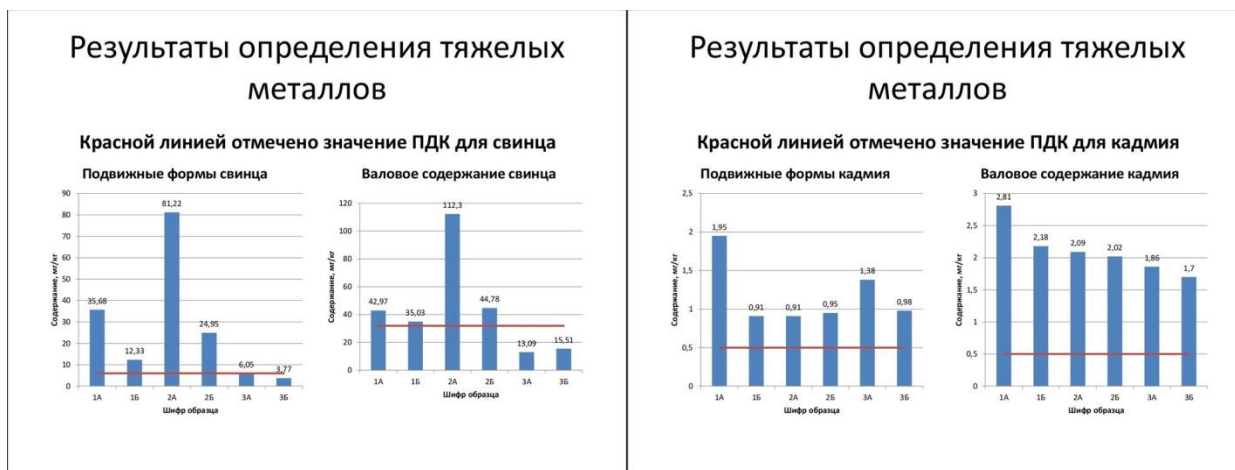
Небольшое количество галита используется как компонент закладочных смесей выработанного шахтного пространства или в качестве противогололёдного средства. Но основная масса галитовых отходов (в сумме до 120 млн т в год) мировых производителей калийных удобрений складывается на дневной поверхности (Канада, Россия, Германия, Беларусь, Испания и т.д.). Редко и в относительно небольших количествах галит или галитовые рассолы стравливаются в море (Великобритания, Бразилия) или частично закачиваются в глубокие поглощающие горизонты (Канада). На сегодняшний день израильская компания ICL реализует в Испании план Феникс, в соответствии с которым 750 тыс. т флотационного галита (четверть галитовых отходов испанских калийных ГОК) будет очищаться и в дальнейшем использоваться в химической промышленности. Стоимость проекта 450 млн евро. Это первое мероприятие такого плана в истории мировой калийной промышленности. Но далеко не все галитовые отходы подходят для подобных целей, тут важен их химический состав и содержание примесей.

Что касается глинисто-солевых шламов, которыми особенно богаты белорусские калийные недра, то они являются полноценным отходом калийных ГОК, как бы не пытались некоторые господа с помощью словесной эквилибристики отменить эту реальность. Слово «глинистый», который употребляют авторы шламовых проектов, больше характеризует физико-механические свойства шламов (вязкая масса с высоким содержанием воды, которая удаляется с трудом), но вовсе не их минералогический состав. Настоящих глинистых минералов в шламах – кот наплакал, да и то их существование еще нужно доказать, а это не так просто, как кажется на первый взгляд: метод РФА в данном случае не достаточная доказательная база. К тому же высокое содержание хлорида натрия, песка, полевых шпатов, слюды и тяжёлых металлов в шламах напрочь лишают их статуса «инновационного» удобрения или

почвенного мелиоранта, особенно если речь идёт о довольно бедных дерново-подзолистых почвах Беларуси. Поставлять солигорские отходы на экспорт и возить за тридевять земель отнюдь не безобидный балласт... С экономической стороной “пионерской” идеи сторонники шламового суррогата, разумеется, не знакомы. А между тем стоимость единицы калия в шламовом заменителе как минимум в два раза выше, чем в стандартном калийном удобрении, и это без учёта затрат на доставку и внесение в почву такой экзотики.

К счастью, в последнее время хвалебные оды “инновационному” удобрительному суррогату из шламов поутихли. Зато началась второе действие “безотходной” калийной эпопеи: «В сложившихся условиях дефицита дорожно-строительных материалов... перспективным вариантом снижения стоимости строительства лесных автомобильных дорог является использование при обустройстве дорог крупнотоннажных глиносодержащих отходов калийного производства – глинисто-солевых шламов. В связи с тем, что глинистую составляющую руды отделяют на начальных стадиях процесса обогащения, до обработки флотационными, гидрофобизирующими и антислеживающими реагентами (аминами, парафинами, ферроцианидами и др.), **в шламах отсутствуют токсичные химические вещества**». И далее: «непосредственное применение жидких глиносодержащих отходов калийного производства практически невозможно в связи с их полужидкой формой (суспензия) и высокой концентрацией солей (хлоридов калия и натрия) в жидкой фазе. После отделения солевого раствора остается продукт, представляющий собой однородную пластичную массу с влажностью 28–30%. Содержание в продукте **глины** (по сухому веществу) 75–80%, **солей** 20–25%». Эти фразы взяты из опубликованной недавно статьи «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ГЛИНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА», авторы Е. В. Лаевская, Е. В. Воробьёва, Ю. В. Матрунчик, Т. В. Захаренко, Труды БГТУ, 2016, № 2, с. 87-91.

Чтобы понять, что представляют собой шламы калийных ГОК, какие “глины” и “витамины” они содержат, достаточно еще раз вернуться к статье http://rezonans39.ru/index.php?them=Ox_uzh_eti_otxody_SHlamovaya_osnova_CHast_chetyvortaya&menu=new_s&id=863. Дополнительную информацию о “безобидных” шламах можно почерпнуть из дипломной работы «Определение содержания тяжелых металлов в глинисто-солевых шламах ОАО «Беларуськалий» белорусской студентки Ю.И. Колодкевич.



Следует отметить, что при наличии нескольких тяжёлых металлов, гигиенические требования к материалам ужесточаются, а величина ПДК заметно уменьшается по сравнению с суммой ПДК для отдельных металлов. А тут еще и поваренная соль в количестве 20-22%! Она ведь никуда не делась, несмотря на все манипуляции со шламами. Так что лесная дорога от такого «строительного» материала со временем будет становиться всё шире за счёт вымирающей растительности. А каким способом вязкую пластичную массу, содержащую согласно ТУ (ТУ ВУ 600122610.003-2015 «Продукт глинистый минерализованный, ПГМ») до 35% воды, собираются вывозить, укладывать и уплотнять на лесных дорогах или шламы предварительно будут сушить и гранулировать? Овчинка стоит выделки, особенно с учетом химического состава “строительного” материала?

Кроме создания барьеров лесным пожарам, насыпей и слоев оснований в конструкциях лесных автомобильных дорог, **поклонники шламов** предлагают использовать их для устройства **противофильтрационных экранов** на поли-

гонах захоронения твердых коммунальных отходов. Жаль, что ученых не интересует, как и из чего создаются такие экраны. В противном случае они знали бы, что глины и суглинки, пригодные для создания противofiltrационных экранов, должны содержать не более 5% водорастворимых хлоридов, а в сухом ПГМ их в несколько раз выше. Кроме того, далеко не все глинистые грунты годятся для обустройства противofiltrационных экранов. В последнее время при сооружении геотехнологических объектов стали использовать высококачественные сорта глин – бентониты. Их используют как эффективный наполнитель в довольно сложных технических изделиях – бентонитовых матах. Бентонитовые маты применяются для защиты грунта и грунтовых вод от загрязнения при строительстве, реконструкции и рекультивации полигонов твердых бытовых и промышленных отходов, шламонакопителей, хвостохранилищ, золоотвалов, животноводческих лагун, каналов сбора сточных вод вдоль автомагистралей. И только у некоторых ученых всё предельно просто: чтобы защитить почву и грунтовые воды от загрязнения достаточно всё вокруг засыпать отнюдь не глинистыми шламами. И это при том, что сами шламохранилища нуждаются в геомембранах! Конечно, тринадцать шламонакопителей, занимающих площадь свыше 1100 га в Солигорском районе, производят не лучшее впечатление, а если растащить шламы по лесным дорогам, просекам и свалкам... Чем не “безотходное” калийное производство впервые в мире?

О проблемах отработанных щелоков как нельзя лучше высказались родственники тех, кто сегодня в Нивенском создаёт еще одно “впервые в мире”. Ниже приведён фрагмент из статьи «Безотходный технологический процесс получения бесхлорного водорастворимого удобрения на основе фосфата калия», авторы: д-р техн. наук О.Б. Дормешкин, д-к техн. наук Н.И. Воробьёв, канд. техн. наук В.И. Шатило; Химическая технология, 2014, № 6, стр. 324-332: «Одной из главных проблем, препятствующих широкому внедрению конверсионных процессов получения бесхлорных удобрений на базе хлорида калия, является образование отработанных маточных растворов... Авторами

проанализированы известные методы утилизации маточных конверсионных растворов, однако ни один из них не может быть рекомендован для практического внедрения ввиду высокой энергоёмкости и материалоёмкости, поскольку в их основе лежат процессы упарки».

Идея авторов упомянутой выше статьи сводится к тому, чтобы, минуя стадию упаривания щелоков, использовать их для получения жидких суспендированных удобрений, добавляя в отработанные рассолы требуемое количество аммофоса, мочевины или хлорида калия. Обращает на себя внимание тот факт, что при достаточно высоком выходе бесхлорного удобрения (79-86% в зависимости от условий) на 1 т готового продукта образуется 4-5 т (~3-4 м³) жидких отходов. Возможно, что идея заслуживает внимания, однако такой вариант утилизации отработанных щелоков **приемлем** при небольших объёмах производства и далеко не для всех солевых систем. Хлорид магния, образующийся в больших количествах при получении SOP, никакой ценности как удобрение не представляет.

Обещать можно что угодно, особенно если за спущенные в унитаз деньги не нужно нести никакой ответственности – “научная” модель, весьма удобная для “своих” людей. И они, кажется, жить иначе уже не могут.

Автор: Наталья Шульга.