

СЕКРЕТНЫЙ ВЫХОД

*«Беда заключается в том, что хитрость помогает лишь один раз,
а потом всегда лишь мешает». Джон Локк.*



Технико-экономическое обоснование (ТЭО) любого нового производства это пакет документов, которые проходят длительную процедуру утверждения. Можно использовать разные слова, описывая явления, процессы, объекты и их детали, но цифры при этом останутся практически неизменными, если только их сознательно не исказили по принципу «чего изволите-с». Когда речь идёт о ГОК, то такими цифрами являются качество сырья, его запасы и годовой объём добычи, степень извлечения полезного компонента в товарный продукт, мощность предприятия и срок его жизни. И все эти показатели взаимосвязаны.

К сожалению, от “голландского” калийного проекта в Нивенском голова идёт кругом – куда ни кинь, всюду клин и нестыковки. Начнём с запасов сырья на “крупнейшем в мире месторождении калийно-магниевых солей”. Ниже приведена принятая градация месторождений калийных солей по запасам (млн т, в пересчёте на K_2O):

уникальные – более 1000;
крупные – от 300 до 1000;
средние – от 100 до 300;
малые – менее 100.

Разведывательные работы на калий в Калининградской области начались в 1980-х годах (скважины Поддубная и Подлесная), с перестройкой они прекратились и были возобновлены в 2005-2007 годах. Новые скважины (Бугринская-7 и Солнечная-7) подтвердили наличие калийно-магниевых хлоридно-сульфатных солей.

Как следует из интервью А. Яковлева, директора компании «Стриктум», полноценные поисково-оценочные работы в районе нивенской соляной линзы начались только в 2012 году. Что касается прогнозных ресурсов (P_1) Нивенского калийно-магнезиевого проявления, то до 2012 года в документах регионального Правительства фигурировала цифра 2,9 млрд т сырых солей, из них 768 млн т – растворимые соли со средним содержанием K_2O 9%, что соответствует 260 млн т K_2O в сумме и 70 млн т K_2O в растворимой форме.

Тем не менее, уже в декабре 2011 года, т.е. еще до начала полноценных поисковых работ с нивенской соляной линзой случилось чудо. В соответствии с протоколом ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» № 17/11 от 08.12.2011 прогнозные ресурсы K_2O лицензионного участка Нивенское-1 внезапно выросли почти до 140 млн т, а участка Нивенское-2 до 380 млн т, т.е. в сумме 520 млн т оксида калия. Такие запасы, согласно советским учебникам, обеспечивают окупаемость дорогостоящих глубоких шахт. Внезапно возникшие весьма существенные различия в прогнозных ресурсах впечатляют, особенно если учесть, что настоящие изыскательские работы на лицензионных участках тогда еще не начинались. Кроме того, складывается впечатление, что протоколы оформлялись в спешном порядке, потому запятую в важном показателе сдвинули вправо, и запасы K_2O по Нивенскому-2 выросли до 3,819 млрд т – чем не мощнейшие отложения калия, если учесть, что по данным 2016 года все разведанные мировые запасы K_2O оценивались в 3,7 млрд т?! Приложения КЛГ

02338ТР и КГЛ 02482ТР к лицензиям на участки Нивенский-1 и Нивенский-2 оформлены как под копирку <http://rezonans39.ru/?menu=news&id=139>, только конечный результат оказался почему-то разный.

Аукцион провели в считанные недели. Лицензии были оформлены на тогдашнего директора победившей (?) “голландской” компании «Стриктум» Анну Мягкову. «По совместительству» она оказалась юристом Федерального центра лицензирования, входящего в группу компаний «Росимущество» (Федеральное агентство по управлению государственным имуществом, сокращенно ФАУГИ). Чуть позже дама пошла на повышение и заняла пост начальника юридического отдела ОАО «Квант-Н», государственного учреждения, ставшего почти задаром собственностью другой офшорной компании, сестрицы ООО «Стриктум». Осенью 2015 года Мягкову взяли под стражу в связи с подозрением в мошенничестве, совершённом в особо крупном размере. Правда, пост директора “голландской” компании «Стриктум» дама оставила еще до этого неприятного события.

Когда всё только начиналось, менеджмент «Стриктума», раздавая многочисленные интервью, заверял неосведомлённых слушателей, что запасы сырья “крупнейшего в мире месторождении калийно-магниевых солей” обеспечат Нивенский ГОК работой на 150 лет. Потом цифра уменьшилась до 120 лет, но по-прежнему впечатляла. Наконец, в документе «Технологии обогащения и переработки минерального сырья», подготовленном в 2016 году ИОНХ НАН Беларуси, научным куратором проекта, срок обеспеченности предприятия запасами почему-то составил всего лишь «более 30 лет». Довольно странная метаморфоза, особенно если учесть, что запасы сырья на двух нивенских участках к середине 2015 года уже были поставлены на учет <http://www.rfgf.ru/bal/a/itemview.php?iid=354989>. Информацию о запасах Нивенское-1 “голландец” обнародовать не постеснялся, а вот что касается Нивенское-2 – молчок! Есть что скрывать? К тому же, формулировка «более 30 лет» удивляет, особенно если учесть, что период, пока горное предприятие выходит на

полную мощность, а потом сворачивает свою работу из-за исчерпания ресурсов, в сумме может составлять до 7 лет и более.

Документ	Номер	Расположение	Содержание
ТКЗ 2014 г. №129-14/КО	518196		"Протокол № 129-14/КО заседания ТКЗ при Севзапнедра от 17.12.2014 г. по рассмотрению материалов разведочных работ на калийно-магниевые соли на участке недр Нивенский-1 "Багратионовский муниципальный район" Калининградской области, РФ с подсчётом запасов по состоянию на 30.09.2014 г. (К отчёту Брисюк А.В., инв.№ 518196)"
ТКЗ 2015 г. №49-15/КО	519572		"Протокол № 49-15/КО заседания ТКЗ при Севзапнедра от 08.06.2015 г. по рассмотрению материалов разведочных работ на калийно-магниевые соли на участке недр Нивенский-2 "Багратионовский муниципальный район" Калининградской области, РФ по состоянию на 01.01.2015 г. (к отчету Брисюк А.В. инв. № 519572)."

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			
		K ₂ O	SO ₄	Mg	сырых солей	K ₂ O	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

К слову, международные эксперты запасы руд категории C₂ (предварительно разведанные, предполагаемые) в своих расчётах при экспертизе проектов не используют. Поэтому любая уважающая себя западная консалтинговая компания по участку Нивенский-1 примет во внимание цифру 228266,4 тыс. т сырых солей, но никак не 447163,2 тыс. т. Кроме того, как показывают расчё-

ты, основным минералом в категории запасов С₁ является карналлит (до 55%), а дефицит сульфатов относительно калия весьма значителен (около 40%) из-за низкого содержания каинита (менее 22%).

Таблица. *Расчётный состав минеральных запасов участка Нивенский-1*

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

Едва ли западный банк даст кредит на строительство ГОК под такие запасы сырья. Кроме того, практика действующих рудников показывает, что коэффициент извлечения калийного сырья из недр (эксплуатационные запасы) обычно не превышает 40-45%. Если хочется больше, нужно вести весьма дорогостоящие закладочные работы. Обычной гидрозакладкой тут не обойтись.

Из документа «Технологии обогащения и переработки минерального сырья» можно сделать вывод, что на Нивенском ГОК планируют смешивать руды разных участков и из 5,3 млн т такой смеси (кизерит – 4,8%; карналлит – 42,7%; каинит – 23,3%, галит – 29,3%) получать 1 млн т товарного SOP, что **равнозначно выходу товарного продукта 85,5%** от теоретической возможности. Ранее этот показатель составлял 98%. Но даже 85,5% можно считать настоящим достижением мирового уровня, учитывая специфический состав нивенского калийно-магниевого сырья и сложный многоступенчатый процесс его переработки в SOP. Это у мировых производителей только на стадии флотации потери калия составляют до 13-15%.

В ключевой фразе «выход товарного SOP» слова «выход» и «товарный» взаимосвязаны, потому что товаром может быть только то, что не просто востребовано рынком, но и соответствует определённому качеству. Отклонение выпущенной продукции от регламентированного состава переводит её в разряд брака, отходов. При этом, как следует из доклада «Chemical Industry

Analysis Study» (2013), сделка между количеством и качеством продукции не возможна, если речь идёт о переработке минерального сырья.

Что касается качества SOP, то товарный продукт ведущих мировых производителей (компании **LUOBUTO POTASH**, **K+S**, **TESSENDERLO**, **YARA**) содержит не менее 50-52% оксида калия (K_2O) и не более 1% остаточного хлора. Особенно тщательно контролируется качество SOP, если бесхлорное удобрение используется в закрытом грунте и системах капельного полива. Чтобы конкурировать с такими гигантами, “голландцу” придётся позаботиться о качестве своей продукции, максимально снизив её себестоимость. Или “голландец” планирует сидеть на дотациях из бюджета?

Выход товарного SOP – краеугольный камень производства. С ним связано время жизни ГОК, его рентабельность и объём отходов калийного предприятия. Можно изворачиваться и обещать что угодно, но реальность обмануть невозможно.

Множество способов получения SOP из природного сырья обусловлено его переменным химическим и минералогическим составом и различным содержанием основных калийных минералов. Бывает так, что даже в пределах одного месторождения становится невозможной переработка сырья в целевой продукт по одинаковым технологическим схемам.

Как уже не раз упоминалось, отложения собственно сульфата калия (минерал арканит) в природе не встречаются. SOP – синтетический продукт. Наилучшим сырьём для его производства можно считать лангбейнит $K_2Mg_2(SO_4)_3$, хотя чаще формулу этой двойной соли записывают как $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. Однако проблема в том, что в природе лангбейнит, как правило, встречается в виде маломощных прослоек в отложениях других калийных солей. Лангбейнитовую руду, в частности, добывают в Карлсбаде (штат Нью-Мексико, США). Степень извлечения лангбейнита из руды 80-85%. Планируется, что после модернизации обогатительной фабрики производство обогащенного лангбейнита достигнет 240 тыс. т в год. Получать сульфат калия из него не собираются, хотя выход высококачественного SOP на стадии конвер-

сии составляет до 87-89% (по калию). С учётом всех потерь выход SOP из лангбейнитовой руды составляет 75-76%. Другое дело, что технологические потери можно частично компенсировать производством кизерита (сульфат магния).

Как показали пилотные испытания (проект Очоа), высокого выхода SOP (82%) можно добиться при переработке высококачественного полигалита $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$. Однако в промышленных масштабах сульфат калия из полигалита пока не получают. Основная причина в значительных затратах энергии. Полигалит относится к соединениям, плохо растворимым в воде. Для того чтобы превратить тройную соль $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ в механическую смесь более растворимых сульфатов (сингенит, лангбейнит и т.д.), её необходимо прокалить при температуре 530-550°C. Прокаливанию предшествует отмывка сырой руды от галита. По имеющимся литературным данным, потери ценных компонентов только на этой технологической стадии могут составить до 10-15% и более. В отходах при получении SOP из полигалита – рассолы, насыщенные хлоридом натрия, и отвалы гипса.

Если в схему переработки включается хлористый калий, выход товарного сульфата калия снижается. Наличие хорошо растворимых хлоридов в солевой системе, особенно хлорида магния, это всегда потенциальный удар по качеству и количеству готовой продукции: маточный щелок необходимо регулярно выводить из главного цикла для разгрузки системы от избытка хлоридов, чтобы качество конечного продукта не пострадало. Можно, разумеется, проводить его перечистки, но это дополнительные затраты и потери.

На сегодняшний день около 60% мировых мощностей используют при получении сульфата калия процесс Манхейма, т.е. прямой синтез SOP из хлорида калия и серной кислоты. Дорого, зато надёжно. Остальные производители SOP используют технологию галургии.

Большинство предприятий, перерабатывающих природные рассолы, на начальных стадиях производственного процесса выделяют сильвит KCl и каи-

нит $\text{KCl}\cdot\text{MgSO}_4$, потом из них по разным технологическим схемам получают сульфат калия:



По имеющимся данным, выход товарного продукта при этом у разных производителей составляет не более 70%.

На каинитовом сырье, добытом в шахте, работали, в частности, две калийные фабрики на острове Сицилия. Там, чтобы снизить потери калия и увеличить степень его использования, из отработанных хлормagneиевых щелоков осаждали сингенит $\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, затем его разлагали горячей водой, отделяли гипс, а полученный раствор сульфата калия направляли в головной технологический процесс. Производственные мощности позволяли получать до 200 тыс. т SOP ежегодно, однако в 1991 фабрики были внезапно остановлены, хотя сырья хватало еще на 30 лет работы. Причина – отсутствие законной схемы утилизации шламов и жидких отходов и их полный сброс в ближайшую реку Сальсо, самую крупную на Сицилии. Река особенно страдала в летнее время года. Евросоюз предлагал владельцам построить трубопровод и выводить отработанные щелока непосредственно в море, однако всё закончилось тем, что предприятие через несколько лет превратилось в груды металлолома.

Некоторые производители SOP (Чили, США) используют сульфат натрия различного происхождения. При этом степень конверсии природного сульфата натрия в сульфат калия не превышает 75%.

Немецкий производитель K+S получает SOP из очищенных сильвита и кизерита:



Потери ценных компонентов при этом значительны – не менее 30% на стадии конверсии) http://rezonans39.ru/index.php?them=Ox_uzh_eti_otxody_Vmesto_zaklyucheniya&menu=news&id=898. При годовом выпуске SOP около 750-800 тыс. т объём жидких отходов, насыщенных солями, составляет 6,8 млн м³. Из отработанных щелоков можно дополнительно получить 550 тыс. т SOP, но только теоретически. Поэтому рассолы

продолжают сбрасывать в реку Верра. А сколько SOP (теоретически) можно получить из галитовых отходов Верры!

Можно считать иначе. На рудниках Верры добывают ежегодно 19 млн т сырой руды, которая содержит не менее 30% полезных компонентов (хлорид калия и кизерит). Ежегодный объём продукции тамошних предприятий (MOP, SOP, кизерит, корн-кали, магнезия-каинит) составляет 3,2 млн т или 56% от массы добытых ценных минералов. Если ввести поправку на поднятую из-под земли кристаллизационную воду, картина станет чуть краше – 60-61%, хотя вода при этом питьевой не станет. Четверть потерь приходится на стадию обогащения руды, остальные потери связаны с производством SOP.

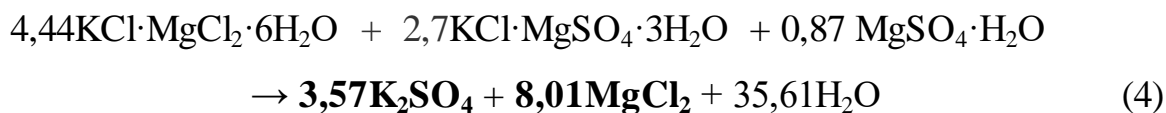
Характерно, что все без исключения действующие производители сульфата калия на начальных стадиях процесса используют различные приёмы, чтобы очистить сырьё от посторонних примесей и стабилизировать его химический состав: галургия – дама весьма капризная. При этом далеко не всегда, несмотря на старания специалистов, при переработке качественных полиминеральных руд в SOP можно добиться желаемого результата без существенных потерь ценных компонентов. Пример – закрытое производство в Калуше.

Тамошняя фабрика перерабатывала каинит-лангбейнитовые руды с небольшой примесью сильвита и кизерита. Содержание карналлита в сырье составляло менее 0,9%. В качестве бесхлорного удобрения фабрика выпускала только калимагнезию, продукт, близкий по составу к обезвоженному шениту $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$. При этом выход калимагнезии при всех стараниях инженеров и ученых никогда не достигал даже 55%! Причина в изменчивом и сложном составе руды. На SOP там не замахивались.

Для нивенских отложений также характерна изменчивость состава и присутствие даже в тонких пластах набора калийно-магниевых минералов во всевозможных сочетаниях. Избирательно извлекать нужные компоненты (хлорид калия и сульфат магния) из таких руд весьма сложно, если вообще возможно. Это не отложения Эритреи, где возможна избирательная выемка сырья с его последующей переработкой в прудах-испарителях ради того, чтобы еще на

подступах к конечной стадии получения SOP избавиться от лишнего хлорида магния http://rezonans39.ru/index.php?them=Byt_i_kazatsya&menu=news&id=970.

Ниже приведено уравнение, в краткой форме отражающее суть переработки нивенской карналито-каинитовой руды в сульфат калия:



Коэффициенты в уравнении 4 расставлены с максимальным приближением к составу смешанного нивенского сырья (см. выше), которое планируют отправлять на конверсию. Сравним правые части уравнений 1-3 и уравнения 4. В последнем случае на 1 моль готового сульфата калия на выходе из процесса приходится 2,24 моль хлорида магния. Это гораздо больше, чем у мировых производителей SOP, теряющих при конверсии до 30% ценных компонентов из-за необходимости безвозвратно выводить из процесса рабочий раствор, когда количество хлорида магния в нём достигает определенной концентрации. Химия наука строгая, потому и щелоков, выведенных из процесса, в Нивенском будет раза в два больше при использовании такого сырья (уравнение 4). Потери – соответственные. Тогда откуда взялась цифра волшебная цифра 85,5%, если речь идёт о таком проблемном сырье?!

Конечно, нет ничего хорошего в том, что базовые истины кураторам “голландского” проекта вынужден объяснять бывший “лаборант”. И почему-то никому не стыдно.

“Активируем” дальше?

P.S. Почувствуйте разницу, ознакомившись с отчётом «ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И РУДНЫХ ЗАПАСОВ ТАЛИЦКОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ, Г. БЕРЕЗНИКИ, РОССИЯ», подготовленным в 2016 году. Страна как будто одна, а планеты разные.

Автор: Наталья Шульга.