

6. На крупнейшем химико-металлургическом предприятии по переработке необогащенного нефелинового сырья на глинозем с сопутствующими содопродуктами и цементом – *ОАО «Ачинский глиноземный комбинат» (АГК)* разработана комплексная техногеохимическая методика оценки распределения и выявления узлов концентрации рассеянных особо ценных и лимитируемых микрокомпонентов в материальном потоке производства. Установлены повышенные концентрации галлия и рубидия в остаточных растворах, рекомендованные для промышленного извлечения по технологиям Волховского алюминиевого завода и ИХТРЭМС КНЦ РАН. Реализована рекомендация на попутное извлечение галлия как особо ценного товарного продукта созданием на предприятии опытно-промышленной установки. Впервые дана полная характеристика химическому составу объемных твердых отходов производства – пылевым выбросам печей и шламам, загрязняющим окружающую среду в районе г. Ачинска. Реализована рекомендация на попутное извлечение галлия как особо ценного товарного продукта созданием на предприятии опытно-промышленной установки.

7. На месторождениях мусковитового и калиевополевошпатового сырья, эксплуатировавшихся ПО «Карелслюда» и «Ковдорслюда», а также Белогорским ГОКом (Новобратское – 25% общесоюзной добычи к.п.ш.) разработан способ прогнозной геохимической оценки гранито-гнейсовых толщ с аплитами и пегматитами на промышленную слюду – мусковит с использованием коэффициента продуктивности $Pb \cdot Ce \cdot La \cdot Y \cdot Yb / Ti \cdot Cr \cdot V \cdot Ni \cdot Co$, способ петрохимической разбраковки выходов пегматитов по степени перспективности на к.п.ш. и редкие металлы и методика составления поминеральных балансов распределения основных петрогенных элементов и микроэлементов для комплексной оценки качества и выхода керамического сырья в вариантах его ручной выборки и механизированного обогащения после измельчения.

В целом, разработки и применения рассматриваемых методов позволяют решить задачи прогнозной оценки и рационального использования природного минерального и техногенного сырья на всех стадиях геолого-разведочных работ, эксплуатации месторождений и комплексной переработки руд, концентратов и отходов горно-промышленных и химико-металлургических производств, включая утверждение запасов в ГКЗ и организацию новых производств в условиях их оптимизации и экологизации. Применительно к соответствующим месторождениям техногенного сырья их минералого-геохимическое картирование и оценка представляются необходимой основой для любых вариантов капитализации, комплексной переработки и эффективного использования. При этом особое значение имеет привязка выявляемых геохимических аномалий к конкретным природным или техногенным их источникам, представленным реально извлекаемыми минеральными формами концентрации рудного вещества или ингредиентами загрязнения окружающей среды, причем как индивидуальными, так и ассоциированными. Это обеспечивает возможности расшифровки и оценки этих аномалий, необходимых для принятия инновационно-технологических решений на всех стадиях работ с минеральным сырьем и техногенными ресурсами.

NATURAL MINERAL SORBENTS AND COMPONENTS OF FERTILIZERS AS A COMPETITIVE LOCAL AND EXPORT RAW MATERIAL FOR DEVELOPMENT OF INNOVATIVE BUSINESS IN THE SPHERE OF RESOURCES AND ECOLOGY

G.B. Melentjev¹, L.M. Delitsyn¹, A.A. Zubkov², V.V. Skiba³

¹ *Research centre “Ecology and industrial power technology” of Institute of high temperatures, RAS*

² *JSC “Ecomet Plus”*

³ *Geological institute, KolSC RAS*

The report provides justification for wide use in the industry and agriculture of local raw materials represented by small deposits of natural sorbents and non-traditional fertilizers, also as an alternative to technological products of major industrial monopolists, which are mostly oriented on international market. In this respect the authors remind of the similar experience of the former USSR in the 20s-30s and the existing practice abroad of effective use of natural sorbents and agricultural raw materials in various spheres of production.

Possibilities of utilization of the local resources of natural sorbents and ores by mining, ore processing and technical-and-ecological enterprises have been studied taking into consideration the drastically changed geography of location of their sources and processing facilities with collapse of the USSR and importance of creating a network of respective innovative entrepreneurship in the regions of Russia.

ПРИРОДНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ СОРБЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ УДОБРЕНИЙ КАК
ВЫСОКОЛИКВИДНОЕ МЕСТНОЕ И ЭКСПОРТНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО
РЕСУРСНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Г.Б. Мелентьев¹, emalina@rol.ru, Л.М. Делицын¹, А.А. Зубков², В.В. Скиба³, skiba@geoksc.apatity.ru

¹ НИЦ «Экология и промышленная энерготехнология» Института высоких температур РАН;

² ООО «Экомет»;

³ Геологический институт, Кольский научный центр РАН

Проблема интенсификации и экологизации промышленных и сельскохозяйственных производств России, а также снижения экологически обусловленной заболеваемости населения требует изыскания эффективных способов ее решения. С этих позиций в условиях системного социально-экономического кризиса в нашей стране, сложившегося в «переходный период» уместно вспомнить опыт преодоления подобной же ситуации в 20-30-х годах прошлого столетия в сельском хозяйстве, в котором из-за отсутствия отечественных производств искусственных минеральных удобрений были широко использованы местные природные удобрения (фосфориты, торфы, сапропели и др.). В частности, количество малых предприятий по производству фосфорной муки с содержаниями 12-14% P₂O₅ (вместо 20% по ГОСТу) из местных фосфоритов достигало 30. В настоящее время в связи с высокой стоимостью апатитового концентрата, монополично выпускаемого ОАО «Апатит», и получаемых из него фосфатных удобрений перерабатывающими предприятиями ФПГ «РосФосфоагро», направляемых преимущественно на экспорт (более 90%), сельскохозяйственные предприятия и фермеры России из-за низкой платежеспособности практически лишены возможности приобретать и использовать при обработке земли дорогостоящие искусственные удобрения. Тем более, что установленная ОАО «Апатит» и ФПГ «РосФосфоагро» цена апатитового концентрата на российском рынке (45 долл./т) превышает его стоимость на мировом (35 долл./т), что создает напряженную ситуацию и на перерабатывающих его предприятиях в Новгородском, Смоленском и других регионах. Кроме того, значительное снижение поголовья крупного скота в регионах (например, в Ивановской обл.) исключает прежние возможности замены искусственных минеральных удобрений отходами животноводства.

Местные сырьевые ресурсы традиционно используются в строительстве и производстве стройматериалов, в качестве энергоносителей и, в меньшей степени, в целях обеспечения экономической эффективности и экологической безопасности промышленных и сельскохозяйственных производств. В то же время назревшая необходимость интенсификации и экологизации последних, причем с минимальными издержками и сроками реализации, требуют привлечения как нетрадиционных или неиспользуемых в необходимых масштабах специфических видов местного сырья, так и инновационных технологий, с созданием на их базе малых (и средних) горно-технологических и техноэкологических предприятий (соответственно МГТП и МТЭП). Среди источников местного сырья для рекомендуемой инновационно-предпринимательской деятельности, прежде всего, привлекают внимание своей перспективностью легкодоступные небольшие месторождения *природных сорбентов* и *минеральных удобрений*. Их эксплуатация как правило открытым способом (карьерами) может быть организована инвесторами в течение 6 мес. – 1 года после оформления лицензий на геологическое доизучение и опытно-промышленную добычу сырья. При этом уровни ожидаемых затрат на создание МГТП и МТЭП и освоение ими рассматриваемых объектов малого и среднего недропользования вполне приемлемы как для местных госбюджетов, так и частных предпринимателей и, тем более, для их корпораций.

Природные сорбенты как гомологи и современные заменители традиционно активируемых или синтезируемых сорбционных материалов представлены следующими основными видами сырья:

- углеродными (вместо активированного угля) – шунгитами и их модификациями;
- щелочноалюмосиликатными – бентонитовыми глинами и слюдой-вермикулитом;
- кремнеземистыми (опал-кристобалитовыми) осадочными породами – опоками, диатомитами, трепелами;
- цеолитовыми туфами (вместо синтетических цеолитов);
- силикагелями, получаемыми из нефелинового сырья (вместо синтезируемых путем обработки искусственного силиката натрия серной кислотой).

Природные сорбенты являются нетрадиционным минеральным сырьем многоцелевого назначения. Специфика их минерального состава и кристаллохимической структуры, а также характер пористости определяют широкий диапазон их использования в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, в природоохранных и медико-экологических целях. Объемы их мировой добычи 80-х годов составили 11,8 млн. т/год. При этом в США, наряду с традиционным использованием в агропромышленном комплексе бентонитов в количестве 800 тыс. т, широкое развитие получило использование природных

цеолитов – до 800 тыс. т (по данным на 1995 г.), в то время как масштабы использования опок, диатомитов и трепелов составили 400 тыс. т. Кроме того, обращают на себя внимание значительные объемы использования в тех же целях палыгорскитов – 650 тыс. т как наиболее «экзотических» и дефицитных, но эффективных природных сорбентов, а также перлитов (300 тыс. т) и вермикулитов (115 тыс. т). На этом фоне достигнутые к 1995 г. уровни использования природных сорбентов в нашей стране несоизмеримо ниже: для цеолитов – в 8 раз, бентонитов – в 16 раз, опок, диатомитов, трепелов – в 4-5 раз, перлитов – в 7 раз, вермикулита – в 40 раз, а для «экзотических» палыгорскитов – в сотни раз.

Как известно, для природных сорбентов, наряду с многоцелевым назначением, характерна определенная «избирательность» преимущественных направлений их использования, которая максимально проявлена в их модификациях и композитных материалах. Так, например, США в 80-х годах ежегодно использовали по 360 тыс. т бентонитов в качестве сорбентов в нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности при общих объемах их потребления 3,5 млн. т, из которых 53% использовались в бурении, литейном производстве и окомковании железорудных концентратов, 15% - в сельском хозяйстве, а также в производствах текстиля, бумаги, пластмасс, резины и т.д. Соответственно, в нашей стране уровни использования бентонитов достигли к началу 90-х годов 330 тыс. т в нефтеперерабатывающей промышленности и 110 тыс. т – в пищевой, а затем сократились в 10 раз в связи с распадом СССР и утратой как основных месторождений, так и заводов-производителей бентопорошков, сосредоточенных в южных государствах СНГ. Уровни цен на мировом рынке при экспорте бентонитов в развивающиеся страны и США варьируют от 40-50 долл./т тонкоизмельченного бентонита, соответственно, до 200-500 долл./т активированных и наиболее высококачественных итальянских бентонитов. В этих условиях широкое развитие получило использование природных цеолитов, объемы которых за рубежом в 80-х годах составили сотни тыс. т/год, причем на 80-90% - в производствах стройматериалов, в качестве мелиорантов и наполнителей. Остальные 10-20% использовались за рубежом в качестве сорбентов, катализаторов и в ионообменных технологиях. В России, в отличие от зарубежных стран, сложилась иная структура потребления цеолитов: 85-90% - в сельском хозяйстве, 5-10% - в охране окружающей среды, водоподготовке и водоочистке, 2-3% - в других отраслях. В сельском хозяйстве доказана высокая эффективность использования сорбционной способности цеолитов в повышении продуктивности животноводства, птицеводства и рыбоводства, сохранности поголовья и снижении расхода кормов. В промышленности используется избирательная способность цеолитов, их модификаций и композитов поглощать различные химические соединения, анионы и катионы, включая радионуклиды, из жидкостей и газов. Однако, широкое их использование в Европейской части страны лимитируется наличием здесь единственного Хотинецкого месторождения клиноптилолитовых туфов в Орловской области, в то время как все остальные разведаны и эксплуатируются в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Эти обстоятельства обуславливают в настоящее время повышенное внимание к *силикагелям*, получаемым сернокислотным методом из нефелинового сырья, и карельским *шунгитам*, которые представляют собой эффективные сорбенты многоцелевого назначения, доступные географически и экономически. Авторские разработки нового направления комплексной переработки нефелина с получением аморфного кремнезема (силикагеля), квасцов и синтетического каолина с попутным выпуском раствора нефелинового флокоагулянта (РНК), иллюстрируются созданной в институте демонстрационной опытно-промышленной установкой, защищены патентами, успешно апробированы в производственных условиях и рекомендуются для промышленного использования в 2-х вариантах: 1) централизованном, предназначенном для выпуска всех видов химической продукции и абонементного снабжения потребителей РНК для очистки сточных вод и сгущения осадков и 2) локальном, предназначенном для очистки промстоков и других сточных вод РНК на отдельных промышленных, сельскохозяйственных и жилищно-коммунальных предприятиях. В 80-е годы производство *синтетических* аморфных кремнеземов (с использованием дефицитной соды для получения силиката натрия) за рубежом, исключая США, достигло 700 тыс. т/год, а в СССР – 40 тыс. т при годовом дефиците к 1990 г. порядка 24-27 тыс. т. Стоимость силикагеля и его модификаций на мировом рынке в то время составляла 2,2-2,4 тыс. долл./т, что в среднем почти в 100 раз превышает цену апатитового концентрата и, тем более, нефелинового; стоимость получаемых нами попутно особо ценных химических продуктов варьирует в пределах 800-2500 долл./т.

Сорбционные свойства шунгитовых пород позволяют прогнозировать наиболее широкое их использование в природоохранных целях и, прежде всего, для очистки сточных вод. Первый опыт использования шунгитовых фильтров в системе дренажа и очистки поверхностных стоков на трассе МКАД ориентирует на отсыпку шунгитовым щебнем (вместо обычного) всех габрионно-фильтрационных сооружений на малых реках и водоемах Москвы и Московской области. Не менее эффективным представляется подобное же использование шунгитовых пород в целях водозащиты и водоподготовки гидросистем в районах питьевого водоснабжения и, наоборот, для обезвреживания промышленных, городских и сельскохозяйственных сточных вод. Более того, углеродные сорбенты на

базе шунгита по своей способности очищать воду от нефтепродуктов и других примесей не уступают активизированным углям, но обходятся значительно дешевле. Поэтому шунгитовые сорбенты могут быть рекомендованы не только для очистки промстоков рудников, шахт, хвостохранилищ и других сбросов предприятий ГПК, ГМК, ТЭК, металлообрабатывающих и химических отраслей, включая гальваностоки, но и для аккумуляции особо ценных микрокомпонентов в целях последующего их извлечения в товарную продукцию. Не исключено, что шунгитовые сорбенты могут использоваться подобным образом и в промышленной газоочистке. Наибольшая их эффективность ожидается при извлечении и концентрировании микропримесей благородных металлов.

Однако, главным направлением деятельности в увеличении объемов добычи и многоцелевого использования шунгитового сырья является маркетинг на внутреннем российском и внешнем мировом рынках. Несмотря на его значительные запасы и, тем более, прогнозные ресурсы (более 1 млрд. т), их доступность, дешевизну этого уникального карельского сырья (от 10-35 руб./кг и 5-15 руб./т) для различных фракций измельчения, от 40-10 до 1-0,05 мм) и наличие разнообразных технологических направлений и опыта промышленного использования, необходимый потребительский рынок для шунгита в России и, тем более, за рубежом пока не сформирован. Между тем, коммерческие перспективы его создания могут быть проиллюстрированы и оценены как с позиций крупнотоннажных поставок значительно более качественного тонкоизмельченного (до 10-120 микрон) шунгитового сырья наиболее емким потребителям (например, шинным заводам), так и организации малых инновационных производств прецизионных материалов, в том числе – для нанотехнологий и их композитных производных.

Необходимо подчеркнуть, что приоритетные направления использования различных видов природных сорбентов определяются не только их спецификой, включая ионообменные свойства и пористость исходного сырья и модификаций, но и географией размещения их месторождений относительно наиболее емких потребителей, наличием у них соответствующей технологической базы и, главное, необходимой информацией о возможностях и перспективах вовлечения в промышленное использование.

Местные минеральные удобрения представлены широким ассортиментом нетрадиционного агрохимического сырья, как природного (фосфориты, торфы, сапропели, глаукониты и др.), так и техногенного (углегуминовые удобрения, гидролизный лигнин и т.д.). Необходимость их использования определяется не только дороговизной искусственных минеральных удобрений, проводимых ФПГ «РосФосфоагро», и возрастающей стоимостью их перевозки, но и целым рядом преимуществ, обуславливающих значительную экономическую и экологическую эффективность местных агроруд. Так, например, при внесении в почву традиционных водорастворимых удобрений – суперфосфата, аммофоса и других происходит вымывание фосфора в количествах, в 2-3 раза превышающих его поступление; подобным же образом вымывается азот. Кроме того, в продуктах переработки апатитовых концентратов концентрируются содержащиеся в них токсичные компоненты (фтор, стронций, редкие земли и радионуклиды), что, в частности, исключает использование в сельском хозяйстве фосфогипса как объемного техногенного продукта. Местное агрохимическое сырье, в отличие от искусственных удобрений, находится с окружающей средой в природном равновесии, экологически безвредно и обеспечивает необходимый пролонгирующий эффект относительно вносимых в почву полезных компонентов.

Более половины пахотных земель России представлено малоплодородными и кислыми почвами, облагораживание которых, согласно столетнему опыту, наиболее эффективно осуществляется фосмукой (15-17% P_2O_5). Повышение агрономической эффективности фосмуки достигается компостированием ее с органоминеральными удобрениями или суперфосфатом, механической и химической активацией, повышающей ее растворимость и усвояемость растениями. Наиболее эффективны в повышении плодородия почв местные органоминеральные удобрения, среди которых наиболее распространены торфы, в том числе – карбонатные и железистые (торфовивианиты); как правило торф используется в составе компостов: торфо-пометно-фосфоритных, торфо-навозных и других, а также в гранулированном виде с минеральными удобрениями. Исключительно перспективными представляются разработки торфо-сапропелевых смесей. Сапропели содержат 10-45% гуминовых веществ, до 4-6% азота, 1% фосфора, биологически активные вещества, кальций и микроэлементы. Они используются в компостах с фосмукой для повышения плодородия дерново-подзолистых почв в Нечерноземье, а также в качестве эффективных кормовых добавок. Подобной «двойной» эффективностью обладают также глаукониты и цеолитовые туфы, представляющие собой одновременно местное агросырье и природные сорбенты. Более того, глаукониты содержат 5-9,5% K_2O , ассоциируют с фосфатными породами и представляют собой сырье для производства наиболее дефицитных бесхлорных калийно-фосфатных удобрений.

Техногенные углегуминовые удобрения получают путем экстрагирования гуминовых веществ из окисленного бурого угля и отходов буроугольных фабрик. Они представлены гумитами натрия. Для получения 10 тыс. т этого эффективного агрохимического продукта требуется 100 тыс. т окисленных углей, в

которые добавляется гидроокись натрия. Не менее перспективно использование в качестве органоминерального удобрения смеси гидролизного лигнина с фосмукой в пропорции 1:1, что повышает усвояемость фосфора в 2-3 раза. Лигниновые отходы целлюлозных производств содержат 64% углерода и остаточную кислотность. Объемы их ежегодного накопления в отвалах ЦБК достигают 2,5 млн. т. Следует также отметить возможности и перспективы использования отходов горнопромышленных комплексов (ГПК) и местного сырья для организации производства плавящихся фосфатно-магниевого удобрения (ПФМУ) и бесхлорных калиевых. Для получения ПФМУ используются фосфатное, кварцевое и магниевое сырье: например, в Карело-Кольском регионе – черновые апатитовые концентраты, кварц и оливиниты; в Центре России и Поволжье могут быть использованы фосфориты, диатомиты и доломиты (или бишофиты). О незаменимости этого вида удобрений для обводненных и кислых земель и, прежде всего, рисовых чеков свидетельствует создание за рубежом и, прежде всего, в США заводов по его производству, в то время как в нашей стране, где оно было оформлено изобретением Б.Н. Мелентьева (Кольская база АН СССР) еще в послевоенные годы и успешно апробировано на станции ПОВИРа, действующие предприятия ГПК ограничили организацией спорадического производства опытных партий ПФМУ на малых установках в г.г. Кировске и Ковдоре. Подобным же образом при дефиците бесхлорных калийных удобрений не получила промышленной реализации изобретение Б.П. Соболева (НИИ УИФ) способа получения сульфатов калия путем конверсии фосфогипса при плавлении его смеси с калиевоалюмосиликатными отходами ГПК за счет обменных реакций в расплаве и расслоения его на несмешивающиеся солевую и силикатную (плагиоклаз) фазы.

С изложенных позиций очевидно, что местные ресурсы природных сорбентов и минеральных удобрений при условии их активизации представляют собой значительный резерв интенсификации и экологизации производственной деятельности и обеспечения экологической безопасности населения России. Однако следует иметь в виду, что с распадом СССР и в условиях рыночной экономики радикальным образом изменилась не только география минерально-сырьевой базы рассматриваемых видов сырья, но и приоритеты их активизации. В частности, все главные месторождения щелочных бентонитов, локализованные на южных окраинах России, оказались за ее пределами; основные месторождения цеолитов и перлитов расположены в Восточной Сибири и поэтому не пригодны для использования в Европейской части страны; подобным же образом месторождения торфовиванита сосредоточены в Западной Сибири и только там могут активно разрабатываться и использоваться в качестве местного агрохимического сырья и т.д. С другой стороны, в Европейской части России расположены основные, временно приостановленные разработки торфа, месторождения сапропеля и глауконита, а также опок, диатомитов и трепелов. В Карелии сосредоточены уникальные по запасам и качеству сырья месторождения шунгита, разрабатываемые в небольших объемах (до 70 тыс. т/год) ООО «Карбон-шунгит», которое предлагает для широкого использования доломит-шунгитовые удобрения. В Кольском регионе вермикулит и отходы его добычи служат исходным сырьем для использования в различных отраслях промышленности, в гидропонике и в природоохранных целях. Активизация многоцелевого использования этих ресурсов, прежде всего, требует создания межрегионального информационного поля о их размещении, технологической изученности и свойствах и, главное, наиболее эффективных направлениях использования. Информационно-аналитическая база данных по регионам несомненно привлечет внимание заинтересованных отечественных и зарубежных инвесторов, включая страны Баренцрегиона и ЕС. К числу высоколиквидных и приоритетных видов рассматриваемого сырья, которые могут служить объектами инвестирования и экспорта, несомненно относятся карельские шунгиты, кольские вермикулиты и силикагели, получаемые из нефелинового сырья, и, главное, их модификации и композитные материалы. В частности, отечественная технология комплексной сернокислой переработки нефелина с получением целого ряда особо ценных химических продуктов и РНК рекомендуется нами для использования в Норвегии, традиционно эксплуатирующей нефелиновые сиениты в качестве керамического сырья. В Карело-Кольском регионе может быть также создано достаточно крупное производство ПФМУ, а в Ленинградском – бесхлорных калийных удобрений (на базе фосфогипса заводов АО «Пикалевский глинозем» и «Волховский алюминий» и калиевоалюмосиликатных отходов ОАО «Ковдорслюда» и «Чупинский ГОК»). В то же время интенсификация и экологизация сельскохозяйственных производств в этих и других регионах Северо-Запада может производиться за счет создания сети МГТП и МТЭП, ориентированных на добычу и переработку торфа, сапропеля и доломит-шунгитовых удобрений.

В связи с изложенным авторы рассматривают возможности и перспективы развития в регионах сетевого инновационного горно-техноэкологического предпринимательства на базе местных ресурсов природных сорбентов и агрохимического сырья как вклад в обсуждаемую систему поэтапного реформирования сырьевой экономики страны в инновационную.