

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЕВРАЗИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ГОРНЫХ НАУК

при поддержке  
Министерства образования Республики Беларусь  
Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды  
Республики Беларусь

Национального собрания Республики Беларусь

Исполнительного комитета СНГ

Евразийской экономической комиссии

Постоянного комитета Союзного государства

Россотрудничества

Солигорского института проблем ресурсосбережения  
с опытным производством

УПП «НИВА»

ОАО «БЕЛАЗ»

ОАО «Трест Шахтспецстрой»

Минской областной организационной структуры республиканского  
государственно-общественного объединения «Белорусское общество «Знание»

Минского областного исполнительного комитета

Солигорского районного исполнительного комитета

# МАТЕРИАЛЫ

научно-практической конференции

«СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИННОГО И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ,  
ЭКОЛОГО-БЕЗОПАСНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ  
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА»

5–6 сентября 2019 г.

Минск – Солигорск, Республика Беларусь

**Современное состояние и направления развития технологий, машинного и аппаратного обеспечения, эколого-безопасного природопользования и переработки промышленных отходов горнопромышленных комплексов на территории Евразийского экономического пространства : материалы науч.-практ. конф., Минск – Солигорск, 5–6 сентября 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – 123 с. – ISBN 978-985-530-784-7.**

Сборник составлен по материалам докладов научно-практической конференции «Современное состояние и направления развития технологий, машинного и аппаратного обеспечения, эколого-безопасного природопользования и переработки промышленных отходов горнопромышленных комплексов на территории Евразийского экономического пространства».

В представленных докладах отражены вопросы, касающиеся проблем разработки и внедрения эффективных и безопасных технологий и аппаратно-программного обеспечения для геологического изучения и освоения недр, технологий повышения эффективности добычи полезных ископаемых и глубины переработки минерального сырья, создания инновационных научно-технических структур в области добычи и переработки минерального сырья; способов увеличения инвестиционной привлекательности проектов разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, создания реестра цифровых технологий в горнопромышленной сфере.

Ряд статей посвящен вопросам использования отходов горно-химических предприятий (глинисто-солевых шламов калийных предприятий, гранитоидных отсеков, техногенного кремнеземистого сырья и др.), рекультивации карьеров, очистки сточных вод от нефтепродуктов, стандартизации оценки отходов горно-металлургического производства.

Сборник предназначен для работников различных отраслей экономики, научных сотрудников, специализирующихся в соответствующих областях знаний, аспирантов и студентов учреждений высшего образования.



*Уважаемые участники  
Научно-практической конференции  
«Современное состояние  
и направления развития технологий,  
машинного и аппаратного обеспечения,  
эколого-безопасного природопользования  
и переработки промышленных отходов  
горнопромышленных комплексов  
на территории Евразийского  
экономического пространства»  
и совместного заседания Высшего  
академического совета и Президиума  
Евразийской академии горных наук!*

Значительный потенциал и разнообразие минерально-сырьевых ресурсов недр определяет их стратегическое значение для устойчивого развития базовых отраслей экономики в странах Евразийского экономического союза.

Именно поэтому, обеспечение глобальной конкурентоспособности горнопромышленных предприятий стран-участниц ЕАЭС является основной формирования и реализации единой промышленной политики на Евразийском экономическом пространстве.

Ключевыми вопросами научно-технологического обеспечения развития минерально-сырьевой базы являются:

- развитие горного машиностроения;
- модернизация производственных процессов при проведении геолого-разведочных работ, добыче полезных ископаемых, их переработке, производстве продукции на основе минерального сырья;
- цифровая трансформация горной и обрабатывающей промышленности;
- вовлечение техногенного сырья в переработку для укрепления экономического потенциала и решения экологических проблем.

Решение этих задач сталкивается со многими вызовами, которые усугубляются тем, что во многих горнопромышленных регионах прирост минерально-сырьевой базы можно обеспечить только за счет участков с большими глубинами залегания полезных ископаемых, либо со сложными геологическими условиями.

Развитие горнопромышленного сектора требует всестороннего внимания органов государственного управления, научных, образовательных и производственных организаций, финансовых институтов.

Желаю, чтобы в ходе конференции в Минске и во время посещения производственных организаций в Солигорске, Вы установили новые контакты и нашли конкретные решения по обеспечению развития и интеграции горной промышленности в странах ЕАЭС!

Заместитель Премьер-министра  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И.В. ЛЯШЕНКО

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

---

В настоящее время при строительстве Третьей линии Минского метро, (Строительное коммунальное унитарное предприятие «Минск-метрострой») используется по прямому назначению тоннелепроходческий механизированный комплекс фирмы BESSAC (Франция). Одним из основных оборудований проходческого комплекса является проходческий щит (6000T038PT / 2001030) закрытого типа с грунтопригрузом на полное сечение туннеля с удержанием забоя под давлением грунта. Он обеспечивает весь комплекс работ по закреплению грунта, удержанию забоя, разработке забоя и установке окончательной обделки.

Разработка грунта на полное сечение производится рабочим органом, диаметр экскавации которого составляет 6250 мм. Рабочий орган установлен на силовой установке проходческого щита. Ротор представляет собой сварную конструкцию, передняя сторона которой защищена от износа пластинами из стали HARDOX (толщина 20 мм), устойчивыми к абразивному износу. Рабочий орган оборудован различного типа породоразрушающими элементами:

- простые шарошки 14''                    2 шт;
- двойные шарошки 14''                    12 шт;
- периферические скребки                8+8 (левые / правые);
- зубья шириной 120 мм                    104 шт;
- центральные зубья                        8 шт;
- центральный инструмент                1.

Степень открытия ротора – 30 %. Для проходки тоннелей на таких комплексах также используется полимер и бентонит для снижения сил трения и налипания породы к режущему инструменту в глинистых грунтах. Рабочий орган оборудован четырьмя инжекторами пены.

Основной режим работы ротора – периодическое реверсивное вращение. С учетом этого на роторе симметрично установлены по восемь периферийных скребков левого и правого исполнения, а также по 52 зуба шириной 120 мм с лево- и правосторонним направлением резания.

Эксплуатационные показатели ротора в значительной степени зависят от физико-механических свойств разрабатываемого грунта: тип

грунта, прочность породы в массиве, образивность, влагонасыщенность, фракционный состав, природные (валуны) и искусственные включения и сооружения в грунте (фундаменты и железобетонные конструкции).

Надежность ротора как системы следует оценивать единичными показателями, входящими в комплексные показатели по безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости изделий. Для этого в качестве основных подлежали анализу следующие параметры, свойства и режимы работы:

- геометрические параметры металлоконструкции ротора;
- тип и размеры применяемого породоразрушающего инструмента;
- свойства материала металлоконструкции ротора и породоразрушающего инструмента, а также виды упрочняющих процессов на их рабочих поверхностях;
- схема расположения породоразрушающего инструмента и ограничительных зубьев на поверхности ротора;
- расположение инжекторов (форсунок) для подачи пены на забой и в призабойную камеру;
- режимы работы системы подачи пены в рабочую зону;
- конструктивные параметры ротора и корпуса щита в призабойной камере;
- кинематические параметры ротора в рабочем режиме;
- цикличность работы ротора по времени и по направлению вращения;
- пространственная ориентация ротора в составе проходческого комплекса в процессе проходки тоннеля;
- соответствие параметров и режимов работы ротора и шнекового транспортера.

Эффективность использования породоразрушающего инструмента по долговечности оценивается ресурсом, который представляет собой объем экскавируемого грунта при определенной степени переработки породы [1].

Комплект инструмента, которым оснащен ротор, можно разделить на две группы по принципу взаимодействия с массивом горной породы на забое:

- фронтальные зубья относятся к истирающе-режущим для работы на породах прочностью до 2 по шкале Протодряконова;
- шарошки относятся к наиболее распространенной группе породоразрушающего инструмента при ведении буровых работ, т. е. дробяще-скалывающим и применяются для проходки в горных породах прочностью до 5 по шкале Протодряконова. В связи с этим следует

отметить, что комплект породоразрушающего инструмента в целом обеспечивает исполнительному органу выполнять основную функцию – фрезерование песчано-гравийных и глинистых пород, с включениями мелких и средних размеров валунов, а также проходить бетонные стенки в грунте. Однако, как показывает опыт эксплуатации комплекса, рабочие поверхности инструмента интенсивно изнашиваются.

Буровой раствор способствует повышению пластичности экскавируемого грунта, снижению удельных затрат энергии на фрезерование массива по площади забоя, а также снижает износ породоразрушающего инструмента, основных элементов металлоконструкции исполнительного органа и винтового конвейера. Однако применение буровых растворов на основе бентонита и пенного реагента является экономически затратным и экологически небезопасным, ввиду необходимости утилизации экскавируемой породы, из-за негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим, актуальным является разработка альтернативных видов экологически безопасных буровых растворов [2].

В качестве основных направлений повышения эффективности работы тоннелепроходческого комплекса можно выделить следующие конструктивные изменения исполнительного органа:

- оптимальный тип и размеры шарошек для оборудования ротора по периферийной части;

- насыщение периферийной части породоразрушающим инструментом итирающе-режущего и дробяще-скалывающего типа для переработки породы с прочностью до 5 единиц по шкале Протодьяконова в больших объемах;

- схема распределения фронтальных зубьев по лучам ротора с учетом его реверсивного вращения и увеличение пропускной способности каналов, расположенных в этих режимах за зубками, находящимися в пассивном режиме;

- оптимизация формы и размеров каналов для обеспечения эффективного проталкивания породы от режущих кромок зубков и скребков через свободные окна в металлоконструкции в призабойную зону щита;

- обоснование расположения и количества форсунок по передней плоскости ротора для обработки породы по забою пенным раствором;

- возможность оперативного мониторинга за режимами работы элементов ротора, например, вращение шарошек, температура рабочих поверхностей и степень заштыбовки каналов.

## Литература

1. Анализ рабочего процесса тоннелепроходческого комплекса. Часть 2. Исследование процесса проходки на основе математической

модели и экспериментальных данных / Г.В. Казаченко [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2012. – № 1. – С. 47-58.

2. Басалай И.А. Изучение возможности использования бурового раствора на основе сапропеля в тоннелепроходческом механизированном комплексе // И.А. Басалай. Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 1. – С. 1-7.

УДК 622.2+631.8+656.3

**Басалай И.А.**

(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

## ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФОСАПРОПЕЛЕВЫХ ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСКАВИРУЕМЫХ ПОРОД ОТ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ

---

В настоящее время сооружение подземных коммуникаций и линий метрополитена проводится двумя способами:

– микротоннелирование с гидротранспортом шлама в виде пульпы из забоя на дневную поверхность с последующей сепарацией смеси. При проходке используется специальный бентонитовый раствор и различные полимеры;

– использование тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) с грунтопригрузом для строительства тоннелей большого диаметра (6 м и более) [1]. Для проходки на таких комплексах также используется полимер и бентонит для снижения сил трения и налипания породы к режущему инструменту в глинистых грунтах.

Буровой раствор способствует повышению пластичности экскавируемого грунта, снижению удельных затрат энергии на фрезерование массива по площади забоя, а также снижает износ породоразрушающего инструмента, основных элементов металлоконструкции исполнительного органа и винтового конвейера. Однако применение буровых растворов на основе бентонита и пенного реагента является экономически затратным и экологически небезопасным, ввиду необходимости утилизации экскавируемой породы, из-за негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим, актуальным является разработка альтернативных видов экологически безопасных буровых растворов.

Цель работы – изучение возможности и эффективности применения буровых растворов на основе сапропеля вместо буровой пены при проходке подземных коммуникаций механизированными комплексами, а также применения торфосапропелевых грунтов на основе экскавируемых пород от тоннелепроходческих комплексов для рекультивации карьеров.

Технико-экономическая эффективность проходки скважин и тоннелей подземных коммуникаций зависит от режима промывки и технологических свойств буровых растворов. Стоимость буровых и тампонажных растворов в ряде случаев достигает трети общих затрат на процесс проходки. Поэтому понятна необходимость в определении оптимальных режимов промывки и подборе высокоэффективных и дешевых по стоимости буровых растворов.

Следует отметить, что при проходке тоннелей подземных коммуникаций с большим поперечным сечением канала подлежат экскавации из забоя на дневную поверхность большие объемы породы, а соответственно – и значительные по объему расходы бурового раствора. Результаты расчетов этих двух показателей на примере строительства в городе Минске двух крупных объектов показывают, что при проходке коллектора ливневой канализации «Центр» диаметром три метра объем вынимаемого грунта на длине один метр равен  $7,54 \text{ м}^3$ , при этом расход бурового раствора – 188 кг. При проектной длине коллектора около 7 км объем вынимаемого грунта составляет  $52,8 \text{ м}^3$ , а суммарный расход бурового раствора – 1876 т. При строительстве транспортных тоннелей Третьей линии Минского метрополитена общей протяженностью 9 км суммарный расход бурового раствора составит 2160 т, а концентрат буровой пены – 1350 т.

При микротоннелировании после прохождения пульпы через сепарационную установку и отделения породы, раствор используется повторно для транспортирования грунта, а очищенный грунт складывается на технологической площадке [1].

При проходке с использованием ТПМК порода, обработанная пенным полимерным раствором, не проходит очистку и сепарацию, поэтому в каждом кубометре экскавируемой породы содержится около 2,5 кг пенного реагента.

Экскавируемая проходческими комплексами порода, как и в первом способе, не пригодна для дальнейшего использования, поэтому она утилизируется на специально отведенных технологических площадках, расположенных на значительном расстоянии от городских коммуникаций. Для этих целей, как правило, используются отработанные песчано-гравийные карьеры, которые оборудуются гидроизолирующей



пленкой, исключаяющей попадание остатков бентонита или пенного продукта в грунтовые воды.

Например, расход дизельного топлива одним автосамосвалом грузоподъемностью 25 т на транспортирование грунта за пределы города на расстояние до 20 км составляет 12 литров. Для перевозки грунта объемом 3 тыс. м<sup>3</sup> (при плотности 1,4 т/м<sup>3</sup> объем составит 4,2 тыс. т), экскавируемого ТПМК на длине проходки 100 м, расход топлива составляет 1,8 т (168 рейсов).

Таким образом, растворы должны обладать строго нормируемыми технологическими и структурно-реологическими свойствами. При этом, они не вызывают осложнений при бурении, а также загрязнений недр.

Качество буровых растворов определяется низкой плотностью и минимальным содержанием твердой фазы; малым значением вязкости; нейтральностью по отношению к разбуриваемым породам и безвредность к окружающей среде и обслуживающему персоналу буровой.

В настоящее время наиболее распространенными являются два вида буровых растворов – на основе бентонита и пенного реагента. Пенные растворы должны обладать следующими свойствами: пенообразующей способностью, кратностью, стабильностью, дисперсностью. Пена, как и любая дисперсная система, является агрегатно неустойчивой, из-за избытка поверхностной энергии, пропорциональной поверхности раздела «жидкость – газ».

На исследуемом объекте, т.е. на тоннелепроходческом комплексе, используются импортные дорогостоящие буровые растворы на основе бентонита и, особенно в большом количестве, буровой пены. Их применение разрешено экологическими сертификатами. Раствор приготавливается в специальной установке непосредственно на проходческом щите с концентрацией пены в воде до 3 %. Анализ показывает, что применение вышеуказанных буровых растворов на тоннелепроходческом комплексе является экономически затратным и экологически небезопасным, ввиду необходимости утилизации экскавируемой породы, из-за негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим, актуальным является разработка альтернативных видов экологически безопасных буровых растворов.

В работе предлагается использовать в тоннелепроходческом комплексе буровой раствор на основе сапропеля и торфа малой зольности. Это предложение основано на анализе результатов научных исследований, проведенных в этой области [2, 3]. В их составе имеются все компоненты, необходимые для приготовления буровых растворов, такие как тонкодисперсная минеральная составляющая,

гуминовые вещества, битумы, легко- и трудногидролизуемые вещества, лигнин и другие. Основное достоинство торфяных и сапропелевых буровых растворов – их экологичность, простота приготовления и обработки.

Сапропели, как и торф, а также угли и горючие сланцы – это органическое вещество биогенного происхождения, т.е. каустобиолиты. Общие запасы сапропелевых отложений в Беларуси оценивают в 3,6 млрд м<sup>3</sup>. В настоящее время добыча сапропеля ведется на трех крупных озерах Беларуси. Годовые объемы производства продукции на основе сапропеля различного назначения составляют сотни тысяч тонн. Основные области применения продуктов на основе сапропеля: сельское хозяйство, медицина, а также одно из новых направлений – сорбенты для локализации радионуклидов в почвах, воде и зеленой массе.

В процессе добычи и переработки сапропеля из-за интенсивного механического воздействия его природная структура существенно изменяется. Одной из важнейших характеристик, определяющих структуру и свойства сапропеля, является дисперсность. Естественные дисперсии сапропелей обладают высокой агрегативной устойчивостью, термо- и солестойкостью, имеют удовлетворительные структурно-реологические и энергетические характеристики. На эксплуатационные свойства бурового раствора значительное влияние оказывает минералогический состав сапропеля.

В России еще в 1992 году разработан буровой раствор для использования в установках для вертикального бурения глубоких скважин. Он содержит в качестве твердой фазы сапропель в количестве 2-10 %. Его использование по сравнению с буровыми растворами на основе бентонитовых глин обеспечивает уменьшение загрязнения продуктивных пластов и окружающей среды.

В результате наших исследований установлено, что для приготовления бурового раствора применительно к проходческому комплексу достаточно из экскавируемой сапропелевой массы удалить только часть свободносвязанной воды естественным обезвоживанием (в тонких слоях), доведя влажность продукта до 50-60 %. Предлагаемый способ можно эффективно реализовать при добыче сапропеля из небольших водоемов, расположенных на небольшом расстоянии от объектов прокладки подземных коммуникаций.

Для определения удельного расхода сапропелевого бурового раствора в тоннелепроходческом комплексе нами проведены исследования влияния бурового раствора на физико-механические свойства экскавируемой породы. Результаты экспериментов по определению

зависимости напряжений сдвига в грунте от нормального напряжения показывают, что существенное уменьшение напряжения сдвига достигается при разбавлении песчано-гравийной смеси (ПГС) 10%-м СБР в массовом соотношении от 8:2 до 6:4.

Следующим этапом работы явилось разработка рекомендаций по использованию экскавируемой породы для рекультивации отработанных карьеров. Технология рекультивации песчано-гравийного карьера предусматривает, что на подготовленную поверхность карьера по-слойно укладывается грунт от ТПМК, содержащий экологически безопасный и биологически активный сапропелевый буровой раствор, толщиной до 15-20 мм и поверх его – слой до 10 мм плодородный грунт из очесов.

Таким образом, представленные выше разработки обеспечивают:

- повышение эксплуатационных показателей тоннелепроходческих механизированных комплексов при обеспечении экологических мероприятий по инженерной защите окружающей среды;

- применение бурового раствора на основе сапропеля позволит решить актуальную проблему по импортозамещению дорогостоящего компонента – буровой пены в ТПМК с грунтопригрузом.

- главным результатом применения экологически чистых буровых растворов на основе сапропеля можно признать возможность использования экскавируемой породы в качестве грунта для рекультивации отработанных песчано-гравийных карьеров совместно с плодородным слоем из очесов.

Для выработки практических рекомендаций по эффективному применению бурового раствора на основе сапропеля в ТПМК требуется проведение серии лабораторных исследований и промышленных испытаний.

## Литература

1. Анализ рабочего процесса тоннелепроходческого комплекса. Часть 2. Исследование процесса проходки на основе математической модели и экспериментальных данных / Г.В. Казаченко [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2012. – № 1. – С. 47-58.

2. Косаревич, И.В. Сапропелевые буровые растворы / И.В. Косаревич, Н.Н. Битюков, В.Ш. Шмавовянц. – Минск: Наука и техника, 1987. – 191 с.

3. Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Сапропель. Промышленно-генетическая классификация: СТБ 17.04.02-01-2010. – Введ. 01.12.10. – Минск: Госстандарт: ГНУ «Ин-т природопользования НАН Беларуси», 2010. – 6 с.

**Войтов И.В.<sup>1</sup>, Гипчик В.И.<sup>2</sup>, Косьянов В.А.<sup>3</sup>,  
Черепанский М.М.<sup>3</sup>, Мамчик С.О.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»,

<sup>2</sup>ГП «НПЦ по геологии», г. Минск,

<sup>3</sup>МГРИ, г. Москва)

**СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНЫХ И БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ НЕДР  
РОССИИ И БЕЛАРУСИ**

---

В последние годы, наметилось отставание стран Союзного государства от ведущих горнопромышленных держав мира в использовании новейших технологий прогноза, геологической разведки и разработки месторождений углеводородов, других стратегически важных для устойчивого социально-экономического развития полезных ископаемых и охраны окружающей среды. Для решения проблемы модернизации производственных процессов на геологоразведочных работах, охране недр и окружающей природной среды при добыче и переработке полезных ископаемых и техногенного сырья, имеющих стратегически важное значение для устойчивого развития базовых отраслей экономики России и Беларуси, предлагается концепция научно-технологической программы Союзного государства «Разработка современных технологий геологического изучения, рационального и экологически безопасного использования ресурсов недр России и Беларуси» (НТП «Геологоразведка и природопользование»).

Предлагаются пути преодоления негативных процессов в минерально-сырьевом комплексе и природопользовании на основе эффективного использования в рамках рассматриваемой программы "Геологоразведка и природопользование" многолетнего опыта и научно-технического потенциала Беларуси и России, располагающих не только современными, но даже прорывными технологиями зондирования недр, обработки и анализа геологической информации и разработки аппаратурно-программного обеспечения.

Значительный потенциал и разнообразие минерально-сырьевых ресурсов недр Союзного государства определяют многоаспектность проблемы технологического и аппаратурного обеспечения минерально-сырьевого комплекса. Важность этой проблемы определяется исчерпанием легко доступных запасов полезных ископаемых и необходимостью

их восполнения с постоянно возрастающими затратами. Проблема усложняется недостаточной полнотой и комплексностью освоения запасов разрабатываемых месторождений, увеличением техногенной нагрузки в связи с освоением минеральных ресурсов, особенно на территориях интенсивной индустриализации и урбанизации.

Риски эффективного развития и использования минерально-сырьевых баз России и Беларуси определяются отставанием технологического уровня в базовых отраслях минерально-сырьевого комплекса, усилившегося в последние годы в условиях санкций, недостаточной координацией деятельности научно-производственных центров стран, располагающих не только современными, но даже прорывными технологиями геологической разведки, добычи и использования полезных ископаемых. В частности, причиной нарастания проблемы недостаточного использования потенциала минерально-сырьевых ресурсов недр, наряду с социально-политическими и экономическими особенностями развития России и Беларуси, в том числе связанными с переходом на новые формы управления, развития и обеспечения конкурентоспособности национальных экономик, является возникновение существенного дисбаланса между потребностями минерально-сырьевого и горно-промышленного комплексов в инновациях и предложениями российского и белорусского секторов исследований и разработок в сфере геологии, горного дела и экологии. По этой причине в последнее время разработка и выпуск современных аппаратурно-технологических комплексов и горного оборудования существенно сократились. Растет разрыв в развитии отечественных технологий и технических средств для геологоразведочных и горных работ от уровня, достигнутого зарубежными странами, происходит замещение отечественного оборудования и технологий импортными. Произошло ослабление научно-технических связей между организациями России и Беларуси, при практически полном отсутствии совместных проектов, нацеленных на разработку и внедрение инноваций в горно-геологической отрасли. Недостаточен пока опыт коммерциализации в формате международного сотрудничества объектов интеллектуальной собственности в области технологического и аппаратурного обеспечения геологической разведки, добычи полезных ископаемых и экологии.

Решение проблемы предусмотрено путем реализации НТП «Геологоразведка и природопользование» на основе координации и кооперации исследований и разработок российских и белорусских исследователей и практиков в сфере геологического изучения, освоения и охраны недр, экологически безопасного природопользования. Разработка совместных проектов в рамках этой Программы является наиболее перспективным

путем инновационного развития в области изучения и освоения месторождений полезных ископаемых Беларуси и России. Кооперация усилий ученых Союзного государства на приоритетных направлениях геолого-разведки и рационального природопользования обеспечит взаимовыгодное сотрудничество в трансфере научных знаний и технологий, важных для развития национальных экономик России и Беларуси, обеспечения их минерально-сырьевой и экологической безопасности, подготовки национальных кадров высокой квалификации.

НТП «Геологоразведка и природопользование» направлена на разработку экономически эффективных и экологически безопасных инновационных технологий и аппаратурно-программного обеспечения для геологического изучения и повышения уровня освоенности минеральных ресурсов, использования техногенного сырья. Концепцией Программы предусматривается реализация 3-х мероприятий по импортозамещению, в условиях санкций, аппаратурных комплексов и технологий, ранее приобретаемых в основном за рубежом, используемых при выполнении заданий действующих на территории России и Республики Беларусь Государственных Программ по геологическому изучению недр, поискам, оценке и разработке месторождений полезных ископаемых, комплексному использованию полезных ископаемых, охране окружающей природной среды. Уход, либо ограничение деятельности иностранных компаний в России в определенной степени ограничивает возможности своевременного выполнения отдельных заданий государственных программ, чем определяется важность скорейшей реализации мероприятий, предусмотренных настоящей Концепцией.

В этих целях предусмотрена разработка аппаратурно-технологических комплексов и прогнозно-геологических моделей для выявления и оценки новых нефтегазоносных и рудоносных зон и локальных объектов, в том числе в нетрадиционных геологических средах и геологоструктурных обстановках, мониторинга ресурсов недр, создание электронных баз геолого-геофизической информации для обеспечения многовариантной интерпретации результатов поиска месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых, информационно-прогностических систем оценки и управления трансграничных территорий, технологий обезвреживания техногенных отходов и использования техногенного минерального сырья на сопредельных территориях, другие разработки.

В рамках выполнения программы планируется провести следующий комплекс прикладных научных исследований, экспериментальных разработок, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ:

- создание специализированных аппаратурно-технологических комплексов для поисков месторождений полезных ископаемых, в том числе новых для Беларуси видов минерального сырья в соответствии с разрабатываемыми прогнозно-геологическими моделями;
- экспериментальные разработки новых технологических и технических решений горных работ на сопредельной территории;
- разработка технологических решений по предотвращению загрязнения окружающей среды трансграничной территории;
- подготовка конструкторской и технологической документации, рекомендаций по применению созданных инновационных технико-технологических решений в области геологоразведки и природопользования;
- технико-экономические расчеты эффективности внедрения разработок;
- маркетинговые исследования рынка созданных инновационных технико-технологических решений.

Для решения проблемы наиболее актуальными вопросами являются:

а) в разделе геологоразведка – разработка новой аппаратуры для получения и обработки геолого-геофизической информации для получения достоверного глубинного изображения по геофизическим данным на основе геологической модели месторождения с использованием мощных вычислительных средств, соответствующих требованиям и достижениями мирового уровня; создание эффективной инновационной системы контроля качества геофизических исследований.

б) в разделе природопользование – разработка экологически безопасных технологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых и переработки минерального сырья для повышения уровня инженерной и социальной инфраструктуры как освоенных, так и новых территорий; комплексное решение проблем охраны окружающей природной среды и охраны недр при освоении месторождений полезных ископаемых, рекультивации нарушенных земель, вовлечении в промышленное освоение техногенных образований; разработка технологических и конструктивных решений утилизации отходов горных и обогатительных предприятий.

Главной целью НТП «Геологоразведка и природопользование» является создание экономически эффективных инновационных технологий и технических средств для повышения эффективности и экологической безопасности геологоразведочного производства, добычи, переработки и использования полезных ископаемых и техногенного сырья в инвестиционно привлекательных районах России и Беларуси.

Для достижения этих целей в рамках НТП «Геологоразведка и природопользование» должны быть решены следующие актуальные задачи:

1. Разработка новых аппаратурно-технологических комплексов и программного обеспечения для внедрения технологий разведки и разработки месторождений углеводородного сырья на глубокозалегающих участках и (или) участках с нетрадиционными коллекторами с целью увеличения запасов углеводородов за счет включения новых объектов углеводородного сырья в Беларуси и Европейской части России.

2. Разработка аппаратурно-технологических комплексов для обеспечения внедрения высокоэффективных способов геофизических исследований при поисках месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых, основанных на современных представлениях о рудной минерализации.

3. Разработка технологий использования отходов горнодобывающей промышленности, мониторинга, предотвращения и ликвидации истощения и загрязнений геологической и окружающей природной среды на территории Беларуси и России для предупреждения техногенных и экологических катастроф и снижения экологической нагрузки на окружающую среду в районах добычи, транспортировки, переработки и хранения полезных ископаемых с сокращением числа аварий и уменьшением площади загрязненных территорий.

Реализация НТП «Геологоразведка и природопользование» обеспечит:

– разработку современных технологий геологоразведочных работ и принципиально новых аппаратурно-технологических комплексов и программного обеспечения, достижение высокой эффективности поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, не выходящих на поверхность, в том числе локализованных в нетрадиционных геологических средах или в сложных горно-геологических условиях;

– создание инновационных основ повышения инвестиционной привлекательности сопредельных территорий за счет выявления и оценки новых месторождений полезных ископаемых, в том числе в зонах экономического влияния транспортных коридоров и новых технологий;

– создание интегрированных систем оценки и прогнозирования трансграничного распространения загрязняющих веществ в природной среде урбанизированных и горнопромышленных регионов сопредельной территории;

– разработку инновационных технологий переработки техногенных отходов, защиты и ликвидации истощения и загрязнений недр, воды и воздуха в районах добычи, транспортировки, переработки и хранения минерального сырья, обеспечивающие снижение экологической нагрузки на окружающую среду России и Беларуси.



**О МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ  
ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕАЭС «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ГЛУБИНЫ ПЕРЕРАБОТКИ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ» (МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ)**

---

Минеральные ресурсы являются важнейшим фактором развития экономики для государств-членов ЕАЭС.

С увеличением глубины разработки добыча полезных ископаемых усложняется, что ведет к повышению затрат на их извлечение и транспортировку. В этих условиях значительная часть минерально-сырьевых ресурсов месторождений не предусматривается к использованию по технико-экономическим соображениям. Это обстоятельство наряду с возрастающими потребностями в минеральном сырье и скачками его стоимости на фоне снижения содержания необходимых компонентов определяет необходимость создания комплекса научно-технологических решений, обеспечивающих возможность увеличения использования потенциальных ресурсов месторождений, получения дополнительной продукции и продления срока устойчивой работы горно-перерабатывающих комплексов.

Разработка месторождений полезных ископаемых сопряжена со значительным негативным воздействием на окружающую природную среду. В то же время, техногенные образования (отходы) могут быть источником извлечения ряда полезных компонентов.

Недостаток инновационных технологий в области экологически безопасного природопользования сдерживает своевременное решение экологических проблем, связанных с утилизацией техногенных отходов, образующихся при обогащении и заводских переделах продукции минерального сырья, восстановлением территорий развития горных работ.

Решить этот вопрос можно только путем поиска новых подходов к использованию природных богатств и привлечением в отрасль лучших технологий с их последующим совершенствованием.

Основные направления развития новых технологий:

– внедрение систем комплексной добычи как основных, так и сопутствующих компонентов;

- внедрение оборудования для предварительного обогащения на борту карьера или в шахте (руднике);
- глубокая переработка минерального сырья;
- переработка крупнотоннажных техногенных отходов.

В горнодобывающей отрасли, несмотря на наличие позитивных тенденций, образовались негативные факторы, препятствующие ее эффективному развитию (истощение фонда месторождений, переход горных работ на более глубокие горизонты, ухудшение горно-геологических и горнотехнических условий, необходимость улучшения качества продукции горнодобывающей отрасли и другие).

Растет разрыв в развитии отечественных технологий и технических средств для горных работ от уровня, достигнутого зарубежными странами, происходит замещение отечественного оборудования и технологий импортными.

Произошло ослабление научно-технических связей между организациями стран ЕАЭС, при практически полном отсутствии совместных проектов, нацеленных на разработку и внедрение инноваций в горно-геологической отрасли.

Недостаточен опыт коммерциализации в формате международного сотрудничества объектов интеллектуальной собственности в области технологического и аппаратурного обеспечения добычи полезных ископаемых и экологии.

Для решения проблемы в рамках предлагается реализация организациями стран-участниц ЕАЭС взаимоувязанных по срокам, ресурсам, исполнителям и ожидаемым результатам работ мероприятий, в соответствии со следующими основополагающими принципами:

- комплексный подход в решении проблемы – учет всех вопросов, связанных с геологическим изучением и разработкой ресурсов недр и защитой окружающей природной среды в процессах разведки, добычи полезных ископаемых, переработки и транспортировки продукции минерального сырья;
- концентрация ресурсов на приоритетных технологиях, признанных наиболее перспективными для разработки месторождений полезных ископаемых, также в процессе природоохранных мероприятий;
- последовательное освоение новых технологий и технических средств, включающая:
  - научные исследования и экспериментальные разработки новых технических средств и технологий;

– разработку нормативно-технологической, эскизной и рабочей технической (конструкторской, программной, технологической) документации;

– изготовление и испытание опытных образцов новых технических средств и технологий.

– опытно-технологические работы основанные на результатах прикладных научных исследований в области освоения недр, направленные на решение научно-технических и научно-технологических задач для последующего создания новых типов (видов) продукции;

– опытное производство новых типов (видов) продукции минерального сырья;

– технико-экономические расчеты эффективности внедрения разработок;

– маркетинговые исследования рынка созданных инновационных технико-технологических решений.

Цель программы – технологическое и техническое обеспечение комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых и техногенных месторождений на территории стран ЕАЭС с получением дополнительной товарной продукции.

Реализация программных мероприятия требует решения трёх групп задач:

– разработки малоотходных ресурсосберегающих технологий добычи полезных ископаемых, в том числе с использованием энергоэффективных методов разрушения горных пород и извлечения полезных ископаемых из недр;

– разработки технологий глубокой переработки сырья с получением товарной продукции высокой стадии передела;

– разработки инновационных технологий использования техногенных отходов при разработке месторождений полезных ископаемых и переработке минерального сырья.

Создание инновационных технологий добычи и переработки полезных ископаемых должно решить потребности в востребованном минеральном сырье, обеспечить:

– увеличение коэффициента извлечения как основных, так и попутных компонентов на месторождениях обеспечит значительное повышение эффективности переработки и сокращение объемов образования отходов производства;

– получение дополнительной продукции и товарных продуктов;

– повышение безопасности и производительности труда при добыче и обогащении минерального сырья;

- кардинальное снижение потерь ископаемого в недрах;
- получение ценных компонентов из отходов горного производства с ростом выхода концентрата;
- минимизацию экологической нагрузки в местах добычи и переработки минерального сырья;
- обеспечение инвестиционной привлекательности техногенно нарушенных пространств.

Реализация программы будет способствовать:

- модернизации и ускоренному технологическому развитию горнопромышленных комплексов стран ЕАЭС;
- обеспечению инновационного развития минерально-промышленного сектора и сферы использования ресурсов недр;
- повышению уровня освоенности ресурсов недр;
- накоплению и обмену технической информацией;
- укреплению интеграционных связей и повышению инвестиционной привлекательности экономики стран ЕАЭС;
- укреплению экономической безопасности и опережающего развития научно-технологического потенциала стран ЕАЭС;
- получению научных знаний по направлениям работ программы;
- использованию, подготовке и поддержке высококвалифицированных научных кадров в области горного дела.

Таким образом, учитывая наличие определенных негативных факторов, препятствующих эффективному развитию предприятий минерально-сырьевого комплекса (истощение фонда месторождений, переход на более глубокие горизонты, ухудшение горнотехнических условий разработки, необходимость улучшения качества продукции горнодобывающей отрасли и другие), а также отмечая, что добыча и переработка полезных ископаемых является перспективной площадкой для внедрения высокотехнологичных компонентов предлагается разработать межгосударственную программу государств-членов ЕАЭС «Разработка технологий повышения эффективности добычи полезных ископаемых и глубины переработки минерального сырья» (Минеральное сырье).

В конечном итоге, следствием реализации программы станет обеспечение выхода отраслей минерально-сырьевого комплекса и регионов стран-участниц на инновационный путь развития, снижение технологической зависимости от зарубежных поставок, организация производства конкурентоспособной импортозамещающей продукции мирового уровня.

## НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

---

В экономике Республики Беларусь минеральное сырье служит основой для функционирования предприятий топливно-энергетического, нефтехимического, агрохимического, индустриально-строительного комплексов промышленного производства, а также используется в технологических процессах в фармацевтической, пищевой, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности.

Ведущими горнодобывающими и перерабатывающими предприятиями, работающими преимущественно на собственном сырье являются ОАО «Беларуськалий», РУП «ПО «Белоруснефть», ОАО «Доломит», РУПП «Гранит», ОАО «Белорусский цементный завод», ОАО «Красносельскстройматериалы», ОАО «Кричевцементношифер».

Среди предприятий, которые в значительных объемах осуществляют переработку импортируемого минерального сырья крупнейшими являются ОАО «Нафтан», ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «Белгипс».

Такие предприятия, как ОАО «Керамин», ОАО «Березовский КСИ», ОАО «Гомельстекло» и ряд других предприятий по производству строительных материалов используют как отечественное, так и импортируемое минеральное сырье.

При этом, недостаточно востребованными являются собственные полезные ископаемые: облицовочный камень, гипс, трепел, глины, в том числе бентонитовые и каолиновые глины. Выявлены и не разрабатываются месторождения углей, горючих сланцев, кварцевых песков в Брестской области, редкоземельно-бериллиевых руд, базальтов.

Существующие технологии добычи и первичной переработки твердых полезных ископаемых позволяют использовать лишь около 30% извлекаемой из недр горной массы. Образующиеся при этом твердые и жидкие отходы по мере накопления и хранения становятся одним из наиболее значимых факторов антропогенных изменений окружающей среды. На промышленных площадках предприятий по переработке минерального сырья накопились значительные объемы отвалов некондиционного минерального сырья, оказывающие негативное влияние на экологическую обстановку прилегающих территорий. Эти техногенные образования могут быть источником извлечения ряда полезных компонентов.

Добыча и переработка полезных ископаемых является перспективной площадкой для применения технологий, имеющих высокотехнологичные компоненты (биотехнологии, глубокая химическая переработка, информационно-коммуникационные системы и другие).

В области использования собственного минерального сырья в БГТУ выполняются научные исследования, нацеленные на:

- расширение ассортимента производимой продукции;
- повышение качества производимой продукции;
- подготовку минерального сырья для вовлечения в хозяйственный оборот;
- повышение глубины переработки сырья;
- повышение энергоэффективности технологических процессов;
- использование отходов промышленного производства.

Исследования, проводимые в БГТУ в области использования минерального сырья включают:

- разработку комплексных удобрений, в том числе с использованием не только калийных солей, но и доломитов, являющихся источником магния;
- работы по комплексному использованию доломитов с производством извести, магнезиальных цементов, синтетического гипса;
- технологические исследования по расширению ассортимента стекольной промышленности, в том числе разработку технологий получения оптического волокна, медицинского стекла, флоат-стекла, щелочеустойчивого электродного стекла, сверхтонких листовых стекол для солнечных батарей, стекловидных красок;
- разработку технологий производства электроизоляционной керамики, керамической плитки пониженной материалоемкости, керамических футеровочных покрытий для промышленных печей, плотноспекшихся керамических изделий бытового назначения, термостойкой посуды, глазурей для облицовочных плит и керамики;
- разработку новых видов пористых материалов: вспененных силикатных материалов, керамогранита на основе отходов щебеночного производства,
- разработки по переработке отходов.

Разработанная в БГТУ безотходная технология переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты значительно расширяет применение этого полезного ископаемого. Найденные технологические решения позволяют наладить производство малоэнергоёмких минеральных вяжущих – магнезиального цемента, гипсовых вяжущих, доломитовой извести, а также ряда других импортозамещающих

технических продуктов, предназначенных для иных целей – сульфата магния, используемого в качестве компонента для сложносмешанных удобрений, в том числе для тепличных хозяйств, импортируемых в настоящее время из-за рубежа; металлургического магнезита, импортируемого для Белорусского металлургического завода.

В БГТУ в поисковом режиме с положительным результатом исследованы процессы получения технических продуктов на основе хлорида магния, который будет образовываться при промышленной переработке калийных солей Петриковского ГОКа. При содержании  $MgCl_2$  в руде, поступающей на обогащение в пределах 2,5-3,0% (при производстве 1,5-1,8 млн т в год 95% KCl на Петриковском ГОКе) количество хлористого магния ежегодно составит более 200 тыс. т. Реализация данных предложений позволит улучшить экономические показатели Петриковского ГОКа, а вместе с этим повысить конкурентную способность производимого хлористого калия на мировом рынке.

Технология получения модифицированного мела с использованием мокрого обогащения, снижения влажности меловой суспензии до 30 % и модифицирования поверхности меловых частиц (гранул) за счет введения ПАВ позволяет повысить технологичность сырья и снизить себестоимость продукции цементных заводов Республики Беларусь.

Особенностью белорусского трепела является относительно низкое содержание аморфного кремнезема (не более 30 %), кристаллический кварц, карбонаты и глинистые материалы, составляющие его основу. На основе использования трепела разработана технология получения гранулированных стеклокристаллических материалов с ячеистой структурой по одностадийной технологии, включающей взаимодействие природного сырья с активным щелочным компонентом.

Изученные в БГТУ свойства кремнегеля – отхода производства фтористых солей на ОАО «Гомельский химический завод», прежде всего, тонкодисперсность и аморфность, позволили предложить технологические решения для получения на его основе жидкого стекла и вспененных гранулированных материалов. Отличительной особенностью технологии получения жидкого стекла на основе кремнегеля, является ее одностадийность (отсутствие стадии варки силикат-глыбы), а также проведение синтеза при атмосферном давлении и температуре ниже 100 °С (отсутствие автоклавов), что обеспечивает снижение себестоимости получаемого жидкого стекла на 28 %, в сравнении с таковой для традиционной дуплекс-технологией.

Разработана, запатентована и апробирована в условиях ОАО «Гомельский химический завод» технология получения семиводного сульфата магния взамен импортируемого. Технология основана на

использовании отечественного доломитового сырья месторождения «Руба» в качестве магнийсодержащего сырья и технической серной кислоты. К преимуществам технологии относятся низкая себестоимость; простота технологического процесса; снижение энергозатрат на единицу продукции.

Совместно с НПЦ по геологии учеными университета разработаны на основе принципов самоорганизации для территорий государств-участников СНГ модули экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, обеспечивающие повышение оперативности и эффективности принятия решения специалистами территориальных инспекций природных ресурсов и специалистами других заинтересованных ведомств.

В настоящее время актуальным является исследование технологических характеристик и физико-химических свойств следующих видов минерального сырья: базальт, трепел, волластонит, диабазы, тугоплавкие глины, каолины, песок кварцевый, пиррофиллит, бентонит, сапонит, давсонито-бокситовое сырье, гранитоидные отсеvy и другие.

Необходимо усилить принимаемые меры по разработке и внедрению технологий добычи полезных ископаемых и переработки минерального сырья, направленных на импортозамещение и расширение использования минерального сырья, в первую очередь:

- по обогащению и подготовке минерального сырья для дальнейшей переработки, в том числе мела для использования в сахарной промышленности и для производства тонкодисперсного мела взамен импортируемого известняка, а также для строительства содового завода на базе запасов каменной соли;
- по разработке научных основ получения керамических, стекло-видных и стеклокристаллических материалов и изделий строительного и технического назначения на основе использования местного полиминерального сырья;
- по оптимизации технологических процессов переработки минерального сырья с использованием новых методов (ультразвуковой обработки и других) и материалов;
- по созданию экономических моделей для разработки отдельных групп месторождений полезных ископаемых Беларуси, в первую очередь для освоения мелких и очень мелких месторождений нефти, залежей нетрадиционных углеводородов, связанных с низкопроницаемыми коллекторами;
- по разработке технологий и химических реагентов для оптимизации добычи трудноизвлекаемых запасов нефти, в том числе пропантов для проведения гидроразрыва пласта, методов разделения водонефтяных



эмульсий, реагентов и методов очистки добывающих скважин от асфальто-смоло-парафинистых отложений методов воздействия на призабойную часть скважины с целью повышения нефтеотдачи;

- по переработке отходов, не вовлечённых в хозяйственный оборот.

Таким образом, наряду с проблемами поиска новых месторождений, обеспечения модернизации геологоразведочного производства, проблема технологического обеспечения добычи и переработки минерального сырья является одной из ключевых и требует всестороннего подхода со стороны органов государственного управления, научных, образовательных и производственных организаций, финансовых институтов.

УДК 622:553.94-96

**Грабский А.А.<sup>1</sup>, Бобин В.А.<sup>2</sup>, Бобина А.В.<sup>3</sup>,  
Фомин С.А.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>МГРИ им. Серго Орджоникидзе,

<sup>2</sup>Институт проблем комплексного освоения недр РАН,

<sup>3</sup>Вольное экономическое общество г. Москва,

<sup>4</sup>Глава городского округа г. Михайловка Волгоградской области, территории опережающего социально – экономического развития)

## **ГОРНЫЕ МАШИНЫ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ – ОСНОВА ЭКОЛОГО-БЕЗОПАСНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РАЗВЕДКЕ И ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ, УГЛЯ И МЕТАНА**

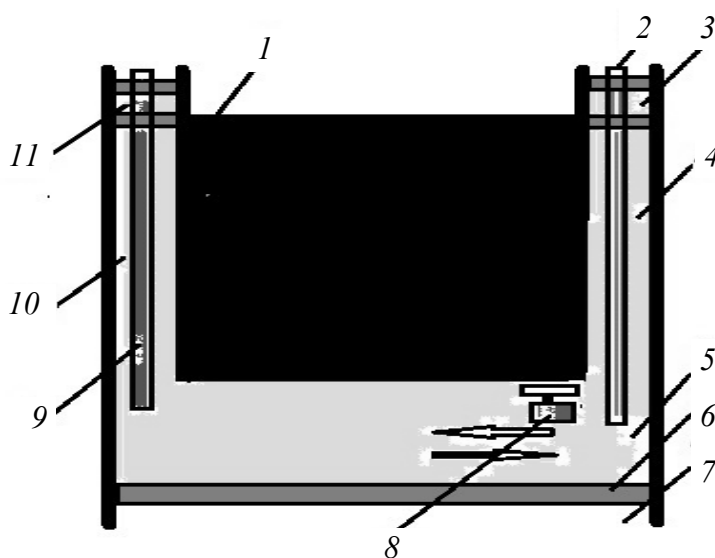
---

В начале 21 века предъявляются повышенные требования к рациональному природопользованию. При подземном способе разведки и добычи полезных ископаемых к основным требованиям можно отнести следующие: безвзрывные методы разрушения и добычи, закладку выработанного пространства, применение безлюдной и автоматизированной выемки и разведки робототизированными горными машинами. К таким машинам можно отнести горные машины гироскопического типа (ГГМ), представляющими собой механизмы, позволяющие безударно (истиранием) дезинтегрировать горные породы любой твердости, причем усилие истирания создается не за счет традиционных сил тяжести, упругости пружин или гидравлических, а за счет гироскопических сил, значение которых не зависит от ускорения свободного падения. Это было подтверждено экспериментальными исследованиями, проведенными

с помощью лабораторного образца гироскопической мельницы, первой в ряду ГГМ, которые показали, что она позволяет истирать горные породы различной крепости от фракции 5-7 мм до фракции 60-80 мкм с эффективностью не хуже 3-5 кВт.ч/т [1-2].

Конструкция гироскопической мельницы послужила основой для разработки схемы проходческого комбайна гироскопического типа ПКГиро. Это в свою очередь позволит применить экологически чистую технологию совместной добычи угля и шахтного метана роботизированными горными машинами гироскопического типа, благодаря которой не только значительно повысятся темпы и объем добычи угля, но и значительно снизит вынос метана в атмосферу вместе с вентиляционной струей.

Предлагаемая технология (рис. 1) позволит обеспечить высокие темпы добычи угля с одновременной добычей шахтного метана высокой концентрации за счет использования роботизированных проходческих комбайнов гироскопического типа (ПКГиро) для добычи угля и метана в изолированных добычных зонах в условиях повышенной, но взрывобезопасной, концентрации метана.



1 – угольный пласт; 2 – метанопровод; 3; 11 – шлюзовые камеры; 4 – вентиляционный штрек; 5 – лава; 6 – герметичная перегородка; 7 – выработанное пространство; 8 – ПКГиро; 9 – транспортер; 10 – откаточный штрек

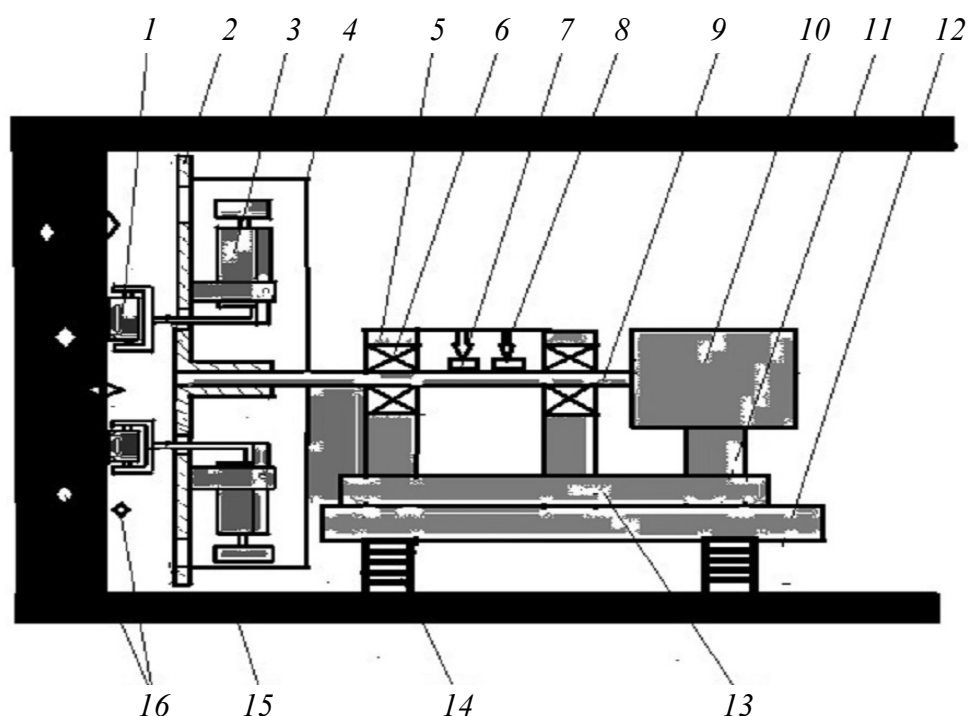
**Рисунок 1 – Принципиальная схема предлагаемой технологии совместной добычи угля и метана**

Реализация новой технологии предполагает разработку и созданию энергоэффективного ПКГиро, шлюзовой камеры для транспортирования добытого угля из изолированной зоны в откаточный штрек, а также

систем мониторинга его технического состояния и концентрации метана в изолированной добычной зоне.

Наличие серийно выпускаемых ПКгиро позволит реализовать эту инновационную технологию, что продвинет решение проблемы безлюдной добычи угля и обеспечит полную извлекаемость метана из угольного вещества и абсолютную безопасную добычу угля и метана.

Другим примером использования ПКгиро в качестве базового элемента является инновационная идея подземной технологии извлечения алмазов из коренных пород (рис. 2) и закладки выработанного пространства пустой кимберлитовой породой с использованием 3Д-сканера и 3Д-строительного принтера.



1 – рабочий орган; 2 – монтажный диск; 3 – гироскоп; 4 – защитный кожух; 5 – опора вала; 6 – подшипник; 7 – подвижный контакт; 8 – неподвижный контакт; 9 – вал с муфтой; 10 – двигатель с редуктором; 11 – опора двигателя; 12 – платформа; 13 – поворотная турель; 14 – гусеничные траки; 15 – рудное тело; 16 – природные алмазы

**Рисунок 2 – Принципиальная схема ПКгиро**

Идея, лежащая в основе этой технологии, состоит в том, что счет новой техники в виде проходческого комбайна гироскопического типа и 3Д-строительного принтера из существующего технологического процесса исключаются такие операции как доставка кимберлитовой руды на поверхность, обогащение ее на фабриках и закладка выработанного пространства цементно-песчаной смесью, приготавливаемой на поверхности.

При этом ПКГиро будет истирать коренную кимберлитовую руду до частиц фракционного состава порядка 50-80 мкм, что позволит без нарушения структуры кристаллов алмазов и полной их сохранности извлекать из дезинтегрированной породы сразу за ПКГиро алмазосодержащую породу размером фракции большей, чем 50-80 мкм, а затем алмазосодержащую породу фракции 50-80 мкм подвергать, например, липкостной сепарации, извлекая мельчайшие алмазы. Оставшаяся пустая порода фракции 50-80 мкм будет направлять вместе с вяжущим составом в головку 3Д-строительного принтера, который будет закладывать выработанное ПКГиро пространство кимберлитовой трубки в режиме on-line прочностью не менее прочности коренных пород и без всякой усадки. При этом работой 3Д-строительного принтера будет управлять 3Д-сканер, создающий трехмерную цифровую модель выработанного пространства.

Такая технология добычи алмазов исключительно подземным способом позволит отделять из дезинтегрированной породы алмазы практически всех размеров от мельчайших технических до крупных ювелирных и именных без нарушения их природной структуры в полной сохранности.

Сравнительный анализ энергетических затрат на реализацию существующей технологии подземной добычи алмазов (275-351 кВт · ч/т) и новой разработанной технологии (45-54 кВт · ч/т) показывает, что предлагаемая технологии добычи алмазов с помощью ПКГиро и закладки выработанного пространства с помощью 3Д-строительного принтера и 3Д-сканера будет, по крайней мере, в 6-7 раз эффективнее, чем существующая.

В результате реализации этой предлагаемой технологии на поверхность будут подниматься исключительно алмазы в первозданном природном состоянии без всяких нарушений структуры и формы, а окружающий рудник природный ландшафт не будет обезображен отвалами и хвостохранилищами.

Планируется также использование ПКГиро в строительном комплексе и при утилизации отходов в г. Михайловка Волгоградской области, территории опережающего социально – экономического развития.

## Литература

1. Грабский А.А., Бобина А.В. Экспериментальные исследования закономерностей рабочего процесса истирания горных пород в гирскопических измельчителях. М. Горное оборудование и электромеханика. № 2. 2003. С. 31-36.

2. Чернегов Ю.А., Грабский А.А., Бобина А.В. Технико-экономическая оценка использования гироскопических измельчителей для добычи алмазов. М. Труды Вольного экономического общества России. Т. 159. Вып. № 3. 2012. С. 189-192.

3. Бобин В.А. Проходческий комбайн гироскопического типа – базовая электрофицированная горная машина для инновационных подземных технологий добычи полезных ископаемых. М., Сборник «Инноватика и Экспертиза», №3, 2017, с. 220-228.

УДК 622:553.94-96

**Грабский А.А.<sup>1</sup>, Рожков А. А.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>МГРИ им. Серго Орджоникидзе, <sup>2</sup>АО «Росинформуголь», г. Москва)

## СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

---

Угольная промышленность России, обладая значительными разведанными и прогнозными запасами угля, имеет все возможности для эффективного их извлечения и использования в целях стабильного обеспечения внутренних потребностей в угольной продукции и развития экспортных поставок. Отрасль одна из первых в топливно-энергетическом комплексе России после проведенной масштабной реструктуризации полностью адаптировалась к рынку.

В настоящее время угольная промышленность России представлена 58 шахтами и 133 разрезами, почти половина из которых введена после 2000 года. Новые предприятия оснащены высокопроизводительной техникой и используют самые современные технологии угледобычи. По прогрессивной технологии «шахта-лава» работают 42 шахты или 76 процентов от общего числа действующих шахт.

Последние 10 лет стали для угольной промышленности этапом стабильного развития, который совпал с восстановительным ростом экономики страны. За этот период объем добычи российского угля вырос более чем в 1,3 раза и в настоящее время превышает уровень 440 млн тонн в год, в 2,5 раза (в текущих ценах) вырос объем инвестиций в основной капитал угольных предприятий, введено 297 млн тонн новых мощностей по добыче угля.

Продолжается концентрация горных работ. На шахтах среднесуточная добыча из одного очистного забоя за 10 лет выросла в среднем по отрасли в 2,2 раза (с 2211 до 4883,7 т/сутки, годовая производительность одноковшовых экскаваторов на разрезах увеличилась в 1,3 раза (с 1438 до 1843,3 тыс. м<sup>3</sup>). Более 70 процентов угледобычи сегодня обеспечивают шахты и разрезы со среднегодовой мощностью 1,6 и 3 млн тонн соответственно. В результате в отрасли растет производительность труда работников в основном производстве, которая с 2008 года увеличилась в 1,5 раза, а среднемесячная производительность рабочего по добыче угля выросла за этот период почти в 2 раза (с 202 до 380 т чел./мес.). Тем не менее, при подземной добыче угля среднемесячная производительность труда одного занятого даже на лучших шахтах России в 3,8 раза ниже соответствующего показателя по шахтам Северной Америки и в 2,8 раза ниже, чем по шахтам Австралии [1].

Проблемы дальнейшего роста производительности труда на угледобывающих предприятиях России и сохраняющиеся при этом риски техногенных аварий являются системными и обусловлены следующими основными причинами:

- замедлением структурной перестройки шахтного фонда с выводом из эксплуатации неперспективных шахт с особо опасными горно-геологическими условиями работы;
- низкими темпами обновления основных фондов;
- низкими технологическими нагрузками на высокопроизводительное импортное оборудование и низким техническим уровнем многих видов отечественной горно-шахтной и горнотранспортной техники;
- недостаточным использованием аутсорсинга для оптимизации производственной деятельности угледобывающих организаций;
- ухудшением горно-геологических условий и продолжающейся отработкой запасов на сверхкатегорийных по метану и опасных по внезапным выбросам шахтах.

Рост производительности труда происходит за счет экстенсивных факторов, главным образом за счет опережающего роста основных производственных фондов в основном производстве (рост добычи угля в 2018 году по сравнению с 2010 годом в 1,4 раза, а основных производственных фондов в основном производстве в неизменных ценах в 2,2 раза). При этом износ основных фондов на шахтах и разрезах отрасли на конец 2018 года достиг 48 процентов.

Увеличивается доля подземной добычи угля, осуществляемой в неблагоприятных горно-геологических условиях. В России 19 шахт (31,7 %)

работают на глубине более 500 метров, две шахты, «Воркутинская» и «Комсомольская» в Печорском бассейне добывают уголь на глубине более одного километра. В 2018 году средняя глубина разработки на российских шахтах достигла 482,5 м против 431 м в 2010 году. Практически все (90,8 %) из разрабатываемых угольных пластов являются опасными хотя бы по одному из факторов, при этом 74 % шахт опасны по 2 и более факторам одновременно. Стабильно высокой (87,3%) остается доля пластов, опасных по взрывчатости пыли.

Другой основной системной проблемой является продолжающийся рост импортозависимости от закупок и использования зарубежного оборудования, доля которого в среднем по отрасли достигла в 2018 году 79 %, в том числе на шахтах – 57,2 % и на разрезах – 86 процентов. Наиболее критичными, в части зависимости от поставок импортного горно-шахтного оборудования, можно расценивать следующие позиции, для которых доля импортного оборудования составляет более 60% от общего количества в наличии: для подземных горных работ – очистные комбайны, электровозы, дизелевозы и погрузочные машины; для открытых горных работ – погрузчики, мощные бульдозеры 25 тс и выше, а также буровые станки [2].

В части технологических автомобилей для открытых горных работ следует отметить, что основным и общепризнанным поставщиком этих машин является Республика Беларусь – от 36,8 до 98,7 % импорта в зависимости от грузоподъемности [2].

Основными стратегическими направлениями технологического развития угольной промышленности России, и прежде всего подземного способа добычи угля, на период до 2035 года по данным кВт · ч/т будут являться следующие [1]:

1) Завершение процесса преобразования структуры и оптимизации производственных мощностей по добыче и обогащению угля за счет:

- поэтапного вывода из эксплуатации неэффективных производственных мощностей по добыче и переработке угля с низкой производительностью труда;

- повышения производительности труда на стабильных и перспективных предприятиях отрасли путем использования эффективных технологий и высокопроизводительного оборудования для добычи, переработки и комплексного использования угля;

- оптимизации численности занятых в угледобыче, в частности, путем внедрения аутсорсинга;

- развития сырьевой базы с учетом извлечения высокотехнологичных запасов угля и комплексного освоения недр.

2) Разработка и внедрение инновационных технологий на основе автоматизации и роботизации производственных процессов добычи, переработки и транспортировки угля с элементами промышленной стратегии «Индустрия 4.0» на базе технологических платформ и цифровых технологий, в том числе при подземной разведке и добыче угля:

- автоматизация и роботизация разведки и проведения горных выработок на основе создания нового класса горнопроходческих машин (гироскопического типа);

- автоматизация и роботизация комплексно-механизированных забоев на основе создания комплексов нового поколения;

- внедрение технологий геоинформационного обеспечения и системы автоматического управления на горных предприятиях;

- развитие промышленного интернета вещей при подземном способе добычи угля (комплексы «Умная шахта» – единые информационно-управляющие инфраструктуры, предназначенные для мониторинга и управления любым технологическим оборудованием в шахте, обеспечения связи и сигнализации, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией);

- внедрение скважинной добычи угля, переведенного в жидкое или газообразное состояние при подземной газификации, с выдачей его в виде гидросмеси или газа на поверхность.

3) Стимулирование участия иностранных компаний в локализации производства зарубежного технологического оборудования, обеспечивающего высокие нагрузки и безопасные условия ведения горных работ.

4) Стимулирование российских производителей горного оборудования и систем промышленной безопасности, а также потребителей импортозамещаемой техники в угольной отрасли, включая использование специальных инвестиционных контрактов для организации локального производства на территории России.

5) Актуализация и поэтапная реализация программы по обеспечению дальнейшего улучшения условий труда, повышению безопасности ведения горных работ, снижения аварийности и травматизма в угольной промышленности на период до 2035 года.

6) Использование потенциала международного сотрудничества для применения лучших мировых достижений и вывода российских разработок на более высокий технологический уровень.

7) Обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров с учетом современных стандартов и внедрения инновационных технологий в горных отраслях.



В соответствии с выше указанным, МГРИ им. Серго Орджоникидзе акцентирует на этом свое внимание в научном и учебном планах при подготовке горных инженеров и магистров на кафедре Горное дело.

### Литература

1. Разработка научно обоснованных направлений структурно-инновационной трансформации угольной промышленности России. Отчет НИР. М.: АО «Росинформуголь». 2018. С. 1117.

2. Рожков А.А., Кантович Л.И., Грабский А.А., Грабская Е.П.. К вопросу импортозамещения и локализации производства основного технологического оборудования в угольной промышленности России. М. Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 2. С. 50-57.

УДК 622.89

**Журавков М.А.**

(Белорусский государственный университет, г. Минск)

## АКТУАЛЬНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОМЕХАНИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ БЕЛАРУСИ

---

**Введение.** В связи со все более широкомасштабным освоением подземного пространства, спектр и количество актуальных фундаментальных и прикладных задач геомеханики стремительно возрастает. Прирост минеральной ресурсной базы в настоящее время можно обеспечить только за счет разработки участков породных массивов, которые ранее были отнесены к низко рентабельным (в силу больших глубин залегания полезного пласта, либо сложных геологических условий и т.д.). В качестве примера могут служить новые участки месторождения калийных солей, которые в настоящий момент или в перспективе начинает отрабатывать ОАО «Беларуськалий». Эти участки характеризуются большими глубинами залегания полезных ископаемых, крутыми углами падения продуктивных слоев, имеются осложнения с обеспечением необходимой водозащитной пачки и др.

Очевидно, что интенсивное освоение подземного пространства приводит к количественным и качественным изменениям в геомеханических процессах и явлениях и даже к новым, ранее не имеющим места проявлениям. В связи с этим, *в настоящее время, иногда даже коренным образом, меняются представления о природе геомеханических явлений и процессов.* Поэтому появляется целый ряд новых научных

проблем и вопрос, связанных, с одной стороны, с исследованием влияния техногенных факторов на среду, а, с другой стороны, с изучением поведения породной толщи и умением управлять природными процессами в изменившихся условиях.

Рассмотрим некоторые важные направления геомеханических исследований и актуальные задачи, требующие своего решения, применительно к условиям разработки месторождений калийных солей Беларуси.

**1. Углубление и расширение фундаментальных знаний о поведении подрабатываемых массивов калийных горных пород.** Одной из наиболее важных первостепенных задач геомеханики является задача разработки моделей породных массивов, наиболее адекватно описывающих их состояние и поведение с учетом накопленных к настоящему времени новых фактов и представлений о поведении породных массивов в том числе и с учетом техногенного вмешательства.

Весьма сложным является учет изменчивости во времени полей напряжений в массиве вокруг подземных сооружений в связи с большим разнообразием влияющих факторов. Значительные затруднения вызывает учет структурно-неоднородного строения породной толщи. В массивах горных пород, естественное равновесное состояние которых нарушено техногенной деятельностью вследствие деформационных процессов, в общем случае формируются области, находящиеся в различных структурных состояниях. В связи с этим в общем случае математические формулировки модельных задач для изучения геомеханических процессов в выделенных характерных зонах подработанной породной толщи должны быть различными.

*Поэтому, проблема построения механико-математических моделей, предназначенных для изучения НДС породного массива от глубин техногенной деятельности (горные работы, специальные инженерные сооружения и т.д.) вплоть до дневной поверхности, является задачей актуальной и весьма сложной.*

*На сегодня одной из важных задач является разработка, развитие и адаптация современных продвинутых подходов и методов математического моделирования для выполнения компьютерного моделирования широкого класса прикладных геомеханических процессов. При этом основной упор должен быть сделан на изучение физических процессов, моделирование которых весьма трудоемко или практически невозможно произвести с помощью иных подходов.*

*Кроме того, в число основных выдвигается проблема изучения взаимосвязи процессов деформирования и разрушения геоматериалов и массивов горных пород с их структурой и внутренними дефектами,*

как начальными, так и появляющимися и развивающимися в процессе нагружения. Следует отметить остающуюся актуальной *проблему моделирования деформационных процессов в породных массивах, насыщенных газом и жидкостью*. С ее решением связана разработка мер борьбы с такими опасными явлениями, как внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках и предотвращение затопления рудников.

Необходимо существенным образом расширить «стандартные» подходы и схемы к построению механико-математических моделей задач геомеханики. *Следует обязательным образом исследовать поведение массивов горных пород при «попадании» на диаграмме деформирования на участок послепиковой стадии при развитии деформационных процессов*. Как уже указывалось, важным является то обстоятельство, что на ниспадающей ветви напряжения и деформации не связаны между собой однозначной зависимостью, а представляют собой величины, определяемые независимо и по отдельности из основных законов механики [1].

В настоящее время представляется неоспоримым положение о том, что *для правильного описания поведения породных массивов и их откликов на внешние воздействия необходимо учитывать сложное строение массивов, разделенных поверхностями и зонами ослабления на отдельные блоки различного масштабного уровня* [2].

Несмотря на выполненное существенное количество научно-исследовательских работ, *до настоящего времени остается не изученной и не решенной проблема прогнозирования и описания такого опасного явления, как динамические явления при ведении горных работ с применением технологии длинными очистными забоями*.

**2. К проблеме построения численных геомеханических моделей массивов горных пород со сложным структурным строением.** Активное использование технологий компьютерного моделирования в геомеханике развивается по нескольким направлениям. Наиболее «наукоемкими» и имеющими очень широкий спектр приложений представляются такие направления, как *построение компьютерных цифровых геомеханических моделей породных массивов с учетом их структурных особенностей и с разветвленной системой подземных сооружений*, а также *изучение и прогнозирование физических процессов в массивах горных пород при воздействии естественных и техногенных источников возмущений на основе построенных компьютерных геомеханических моделей*.

Построение трехмерной компьютерной (цифровой) геомеханической модели участка породного массива представляет собой нетривиальную, весьма сложную задачу. При построении такой модели требуется

обобщение огромного количества мультидисциплинарных данных и знаний, накопленных как в науке, так и в практической деятельности [3]. При рассмотрении участков освоения подземного пространства и добычи полезного ископаемого тип последнего и способ его извлечения являются главными факторами, определяющими основные физические процессы, которые необходимо изучать в первую очередь. При добыче минеральных ресурсов шахтным способом структурный и функциональный состав геомеханической модели имеет определенную специфику, что обусловлено в первую очередь тем, что в процессе эксплуатации таких месторождений приоритетным является моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива.

**3. Устойчивость подземных сооружений и массивов горных пород с крупномасштабной сетью подземных сооружений. Техногенные катастрофы.** Одной из важных задач освоения подземного пространства является достоверный прогноз длительной устойчивости породного массива как в окрестности сложной системы подземных выработок, так и устойчивости рассматриваемой области породной толщи в целом. Изменения, накапливаемые в массиве под воздействием техногенных факторов, способны вызвать катастрофические последствия не только для отдельного подземного сооружения, но и для региона ведения горных работ в целом [4]. Результатом может быть крупномасштабная техногенная катастрофа, проявляющаяся в различном виде (что зависит от целого набора факторов).

В соответствии с основными законами теории катастроф, для инициирования процесса выделения накопленной в приконтурной зоне потенциальной энергии при определенных условиях достаточно незначительного внешнего воздействия [5].

Все более возрастающий уровень техногенных нагрузок формируется в регионе отработки Старобинского месторождения калийных солей. Разработка калийного месторождения ведется на достаточно ограниченном пространстве в пределах шахтных полей нескольких рудников. Целый комплекс проблем влечет за собой наличие в пределах региона солеотвалов и шламохранилищ. Необходимо отметить и тот факт, что в пределах региона ведения горных работ существуют зоны новейшей геодинамической активности, зоны с замещениями, флексурами и разломами. Данные факты подтверждаются результатами выполнения натурных исследований на геомеханических и геодинамических полигонах, организованных в пределах Старобинского месторождения калийных солей.

*Для безопасного освоения подземного пространства особенно в сложных зонах и областях необходимо хорошо представлять себе механизм протекания деформационных процессов и разработать механико-математические модели, адекватно описывающие такие процессы и различные типы их проявлений. Следует констатировать, что на сегодняшний день все еще недостаточно знаний о механизмах протекания геомеханических и геодинамических процессов, и кинетики изменения напряженно-деформированного состояния массива в особых зонах в зависимости от совокупности природных и техногенных факторов.*

Сегодня представляется доказанным факт того, что вывести из состояния устойчивого равновесия блочно-иерархическую геосреду можно источниками техногенного происхождения (например, крупномасштабными горными работами на ограниченном участке). Вместе с тем, *современный уровень развития науки и технологий не позволяет разработать единой теории управления техногенными динамическими процессами* как реакцией на активное освоение подземного пространства. Кроме того, время «наступления эффекта» может быть разным.

Известно, что в зонах наиболее активно нагружаемого массива инициируются медленные деформационно-волновые процессы, распространяющиеся затем на другие участки шахтных полей. Данный факт подтверждается, например, данными натурных наблюдений [6].

К настоящему времени (в результате выполненных многими исследователями долгосрочных сейсмологических наблюдений) доказано, что *горнодобывающая деятельность оказывает серьезное влияние на индуцированную сейсмичность* (хотя данный факт не является решающим). Увеличение глубины и интенсивности горных работ, объемов добычи полезных ископаемых повышает техногенную нагрузку на геомеханическое пространство месторождения, вызывая перераспределение напряжений и, как следствие, рост числа негативных проявлений горного давления в динамической форме.

Интерес представляет *эффект усиления волн на значительных расстояниях от источника их возбуждения*. Эффект состоит в том, что в сильно напряженных прочных горных породах *скорость, приобретаемая частицами около выработок, нередко оказывается на порядок больше скорости частиц вблизи от источника сейсмической волны* [7]. Дуррхейм Р.Д. и Линьков А.М. объясняют эффект усиления волн «подкачкой» упругой энергии из напряженных пород. *Эффект усиления представляется исключительно важным для понимания того, как сравнительно слабые сейсмические возмущения могут вызвать опасные динамические явления – горные удары в шахтах и землетрясения*

в земной коре. С точки зрения теории устойчивости, эти динамические явления представляют предельный случай усиления, когда бесконечно малое возмущение приводит к значительным, нередко катастрофическим последствиям.

*Для получения замкнутой механико-математической модели массивов горных пород с учетом эффекта «дальнодействия» (или построение модели «самонапряженных» геосред) необходимо иметь физический закон, описывающий поведение и взаимодействие блоков рассматриваемых соответствующих уровней между собой при заданном виде возмущений массива.*

При рассмотрении динамических срывов и техногенных землетрясений как физических процессов необходимо исходить из исходного положения, что эти явления представляют собой случайные процессы. Данное утверждение основывается, в частности, на том, что невозможно иметь полную информацию о состоянии породной толщи, о развитии процессов, обусловивших исходные предпосылки к возникновению этих явлений и о внешних факторах, способствовавших их реализации. То есть динамические срывы являются следствием чрезвычайно сложных и многообразных исходных детерминированных процессов, происходящих в породной толще и имеющих как естественное, так и техногенное происхождение. Их случайный характер определяется лишь ограниченностью знаний о природе всех явлений, предшествующих срывам.

*Проблема выявления надежных признаков наступающего катастрофического события является актуальной задачей в исследовании эволюционно-катастрофического поведения системы. Применительно к рассматриваемым динамическим процессам в массивах горных пород можно, например, констатировать, что если математическую модель, описывающую механизм места возможного проявления динамического явления и его тип можно в принципе построить, то когда такое событие произойдет и будет ли оно вообще иметь место установить крайне сложно.*

Рассмотренные явления волнового предвестника естественных и техногенных катастроф представляются крайне важными как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Разработав соответствующие технологии и выполняя мониторинг изменения полей упругих колебаний в ответственных регионах породных массивов (в том числе и в области разломов), можно предсказать начало динамических явлений большой интенсивности.

**Заключение.** В данной работе затронут, к сожалению, не весь круг актуальных вопросов и задач современной геомеханики применительно

к месторождениям калийных солей Беларуси. Ограниченные рамки статьи не позволяют остановиться, хотя бы реферативно, на всех современных направлениях научных исследований.

Перечень задач и проблем можно продолжить еще достаточно долго.

Следует подчеркнуть, что геомеханика содержит в себе задачи, требующие хорошего владения широким диапазоном знаний и умений из различных областей современной теоретической и прикладной механики, фундаментальной и прикладной математики, и целого ряда специальных дисциплин.

### Литература

1. Шемякин Е.И. Об инвариантах напряженного и деформированного состояния в математических моделях сплошной среды // ДАН. 2000. Т. 373, №5. С.632-634

2. Опарин В.Н., Танайно А.С. Каноническая шкала иерархических представлений в горном породоведении. – Новосибирск: Наука, 2011.

3. Журавков М.А., Коновалов О.Л. К проблеме построения численных геомеханических моделей массивов горных пород со сложным структурным строением // коллективная монография «Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горнотехнических и природных системах». Том 2: Фундаментальные проблемы и новые методы контроля нелинейных геомеханических процессов в горнотехнических и природных системах / [В.Н. Опарин, В.В. Адушкин, А.А. Барях, М.А. Журавков и др.]; отв. ред. Н.Н. Мельников, Рос.акад. наук Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела [и др.] – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2019. С.253 – 297.

4. Журавков М.А. Техногенные динамические события в регионах крупномасштабного освоения подземного пространства. Ч.1 – 3 // Горная механика и машиностроение. №1 – 3. 2014.

5. Журавков М.А., Богдан С.И. Моделирование и прогноз катастрофических явлений в геомеханике. Д200219 от 13.02. Реферативный сборник непубликуемых работ БелИСА. Вып. 1 (24). 2002. 67с.

6. О возможных причинах увеличения сейсмической активности шахтных полей рудников «Октябрьский» и «Таймырский» Норильского месторождения в 2003 г. Ч.1 – 4 //ФТПРПИ. № 4 – 6. 2004; №1. 2005.

7. Линьков А.М. Об усилении сейсмических волн вблизи нарушений // ФТПРПИ. – 2001 – №3.

## О СПОСОБАХ УВЕЛИЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

---

В целях создания благоприятных условий для развития экономики и привлечения в Беларусь иностранных инвестиций Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь при участии автора был составлен перечень объектов недр Республики Беларусь и разработаны концессионные предложения по каждому объекту, предлагаемому для передачи в концессию. Этот перечень был утвержден Указом Президента Республики Беларусь № 44 от 28 января 2008 года (в редакции Указа Президента Республики Беларусь № 196 от 30 мая 2017 года). В этот перечень включены 16 объектов недр: месторождения гипса Бриневское (Петриковский район Гомельской области); бентонитовых глин Острожанское (Лельчицкий район Гомельской области); железных руд Околовское (Столбцовский район Минской области) и Новоселковское (Кореличский район Гродненской области); мела Добрушское (Добрушский район Гомельской области), нефти Морозовское (Светлогорский район Гомельской области); горючих сланцев Туровское (Столинский район Брестской области и Житковичский район Гомельской области) и Яминский участок Любанского (Любанский район Минской области); кварцевых песков Убортская Рудня (Лельчицкий район Гомельской области) и Городное (Восточная залежь) (Столинский район Брестской области); доломита Осинторфское (Северный участок) (Оршанский, Дубровенский, Лиозненский районы Витебской области): нефтесперспективные структуры на Познякевичской (Ельский район Гомельской области), Акуличской (Наровлянский район Гомельской области) Южно-Копаткевичской (Петриковский район Гомельской области) площадях; Южно-Оршанский нефтесперспективный участок (Оршанский, Дубровенский районы Витебской области, Горецкий район Могилевской области); проявление благородных металлов Зуберово (Столбцовский район Минской области).

Информация об этих объектах недр, представлена на сайтах Минприроды и Минэкономики Республики Беларусь. Проводятся аукционы



по этим объектам, однако, пока эти объекты не привлекли внимания инвесторов. В чем же причины?

Полезные ископаемые большинства из этих объектов согласно Кодексу Республики Беларусь о недрах относятся к стратегическим, однако некоторые из них недостаточно изучены, некоторые имеют незначительные или трудноизвлекаемые запасы, но главной проблемой является, по-нашему мнению, недостаточная геолого-экономическая обоснованность дальнейшей разведки и разработки потенциальными инвесторами этих месторождений.

В современных условиях востребованности минерального сырья на промышленных рынках Беларуси, ЕАЭС и ЕС, даже небольшие по запасам и сложные по условиям добычи виды ценного сырья могут быть востребованы в случае положительного технологического и экономического обоснования их разработки. Какие же меры следует предпринять для увеличения инвестиционной привлекательности объектов недр? Какие задачи нужно решить для ускорения получения положительного результата аукционов и реальной заинтересованности в них потенциальных инвесторов?

#### **1. Горно-геологические:**

– всю имеющуюся горно-геологическую информацию об объектах следует представить в общепризнанных форматах программ, например, Макромайн и аналогичных, что позволит потенциальным инвесторам оперативно проверить предлагаемые модели освоения месторождений или выбрать собственные;

– добавить к имеющейся геологической информации варианты освоения месторождений с учетом сложности геологического строения, особенностей региональной инфраструктуры и т.п.;

– сгруппировать предлагаемые объекты недр по видам сырья для увеличения его запасов или по близости расположения месторождений разных видов сырья с целью их комплексного и наиболее эффективного освоения.

#### **2. Технологические:**

– дать четкие технологические параметры качества сырья в полезном ископаемом и возможности его обогащения до существующих стандартов;

– для каждого из объектов подобрать (по аналогии из существующих) технологию обогащения или задать параметры разработки новой технологии получения полезных компонентов (продуктов) из природного сырья;

– дать рекомендации по комплексному использованию (обогащению) минерального сырья нескольких месторождений, расположенных рядом.

### **3. Экологические:**

– определить возможные экологические риски, связанные с разработкой месторождений полезных ископаемых;

– разработать и передать инвестору параметры и критерии экологической безопасности, принятые в нашей стране и предложить инвестору разработать систему мер, обеспечивающих экологическую безопасность предприятий по добыче и использованию минерального сырья.

### **4. Экономические:**

– рассчитать параметры объектов недр в соответствии с принципами Рамочной классификации ООН для ископаемых энергетических и минеральных ресурсов 2009 года (далее – РКООН-2009) и добавить эту информацию в инвестиционные предложения.

*Справочно. РКООН-2009 направлена на удовлетворение практических нужд, связанных с выполнением исследований энергетической и сырьевой обеспеченности, управлением ресурсами, корпоративными бизнес-процессами и стандартизацией финансовой отчетности. РКООН-2009 является универсальной системой, в которой количества классифицируются на основе трех фундаментальных критериев: экономической и социальной жизнеспособности проекта (e), статуса и обоснованности проекта освоения месторождения (f) и его геологической изученностью (g), с использованием числовой системы кодификации. Комбинации этих трех критериев создают трехмерную систему. Ось e определяет степень благоприятности социальных и экономических условий для коммерческой жизнеспособности проекта, включая рыночные цены и соответствующие юридические, нормативные, природоохранные и контрактные условия. Ось f определяет степень проработки исследований и принятых обязательств, необходимых для реализации планов горных работ или проектов разработки месторождений. Они охватывают область от ранних геологоразведочных работ до проекта, в соответствии с которым происходит добыча и продажа сырья; отражают стандартные принципы управления производственно-сбытовой цепочкой. Ось g определяет степень достоверности геологической информации и возможность извлечения соответствующих количеств сырья.*

– рассчитать значения возможных финансовых и налоговых льгот для инвесторов в случае заключения концессионных или инвестиционных договоров;

– выполнить экономический прогноз включения реализации инвестиционного договора в индустриально-промышленный страны, области, района.

## **5. Административно-территориальные:**

– согласовать все вышеперечисленные аспекты, связанные с объектами недр, предлагаемыми для передачи в концессию, с местными органами власти и получить соответствующие согласования и рекомендации;

– вписать каждый объект недр, предлагаемый для передачи в концессию, или их комплекс в план инвестиционного и сырьевого развития соответствующей области или района.

Поскольку все вышеперечисленные задачи являются компетенцией различных органов государственного управления, то координацией действий с постановкой конкретных задач и контролем за их выполнением должен заниматься единый орган. Для оперативного решения вопросов рационального и комплексного использования недр в целях координации деятельности государственных органов и организаций в области комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов, повышения эффективности деятельности по вовлечению в разработку месторождений полезных ископаемых, в том числе с привлечением инвестиций при Совете Министров Республики Беларусь создан в 2010-2014 годах действовал Государственный совет по вопросам комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов (далее – Госсовет). Его задачами являлись: рассмотрение технико-экономических обоснований (докладов) целесообразности разработки месторождений полезных ископаемых и геотермальных ресурсов недр; определение важнейших направлений геологоразведочных работ для обеспечения развития отраслей экономики; обоснование развития отдельных отраслей экономики, использующих минеральное сырье; рассмотрение предложений о целесообразности осуществления отдельных инвестиционных проектов в области освоения недр и добычи полезных ископаемых, а также иных вопросов государственной политики в области использования недр; внесение предложений о включении вопросов разработки месторождений полезных ископаемых и геотермальных ресурсов недр в государственные, региональные и отраслевые инвестиционные программы на предстоящий год; утверждение планов конкретных мероприятий по разработке месторождений полезных ископаемых и геотермальных ресурсов недр. С 2014 года эти функции исполняет Межведомственный координационный совет по развитию и использованию минерально-сырьевой базы Республики Беларусь при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Поэтому наибольшую динамику процессу увеличения инвестиционной привлекательности проектов разведки и разработки месторождений

минерального сырья, по нашему мнению, может дать именно этот совет. Он же, при расширении его полномочий, может сыграть решающую роль и в отношении переработки промышленных отходов, к которым применимы те же подходы, что и к объектам недр, описанным выше. В Беларуси наиболее проблемными являются крупнотоннажные отходы гипса Гомельского химического завода и калийных солей РУП «Беларуськалий», а также отходы строительной отрасли, динамично развивающейся в нашей стране.

Нет сомнений, что скорейших результатов в деле увеличения инвестиционной привлекательности проектов разведки и разработки месторождений минерального сырья и переработки промышленных отходов можно достичь в кооперации и обмене опытом со специалистами других стран, в первую очередь Российской Федерации, стран ЕАЭС, а также других стран, имеющих аналогичные виды полезных ископаемых и отходов.

### Литература

1. Ковхуто, А.М., Шакалов, Л.А. Минерально-сырьевые ресурсы Республики Беларусь и проблемы их комплексного освоения / Новости науки и технологий. № 4. 2012. – С.10-20.

2. Ковхуто, А.М. О значении экономической составляющей в изучении недр и подготовке месторождений полезных ископаемых к освоению в Беларуси / Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Минск, 2013. – С.94-95.

УДК 622.693.2.004.4

**Кологривко А.А.**

(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

### **ОТХОДЫ КАЛИЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: РЕАЛИЗАЦИЯ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ТЕХНОГЕНЕЗА**

---

Крупнейшими по величине запасов калийными месторождениями являются Саскачеванский соленосный бассейн (Канада), месторождения калийных солей в Германии, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (Российская Федерация), Старобинское месторождение калийных солей (Республика Беларусь). Нарращивание и поддержание мощностей в области производства калийных удобрений

следует рассматривать за счет Гремячинского, Непского и Эльтонского (Российская Федерация), Петриковского (Республика Беларусь), Гарлыкского (Туркменистан), Тюбегатанского (Узбекистан) месторождений.

Возрастающий мировой спрос на калийную продукцию активизирует промышленность Республики Беларусь к интенсификации подземной разработки Старобинского месторождения, строительству Петриковского горно-обогатительного комплекса, Дарасинского рудника для увеличения производственной мощности ОАО «Беларуськалий», строительству горно-обогатительного комплекса на сырьевой базе Нежинского (восточная часть) участка Старобинского месторождения калийных солей (проект реализует ИООО «Славкалий»).

Вместе с тем, вследствие традиционной организации хвостовых хозяйств при складировании галитовых и шламовых отходов соответственно в солеотвалы (при сухой отсыпки) и шламохранилища, увеличивается и техногенная нагрузка на геологическую среду в районах работ калийных предприятий.

Так, при обогащении сильвинитовых руд отходы составляют до 75 %. Твердые отходы на 92-95 % представлены NaCl, жидкие – глинисто-солевыми шламами. На 1 тонну основной продукции приходится до 5,7 тонн отходов. Для анализа: руды Старобинского месторождения характеризуются относительно невысоким содержанием KCl 23,0-28,7 % и повышенной концентрацией нерастворимых в воде примесей 3,9-5,6 %, а руды Верхнекамского месторождения содержат KCl 5,8-60 %, MgCl<sub>2</sub> 16,4-22,2 %, содержание нерастворимого остатка 2 %.

Основным мероприятием по недопущению осложнения техногенеза следует считать реализацию способов складирования отходов обогащения при организации хвостовых хозяйств в условиях отсутствия возможностей роста и (или) резерва площадей под солеотвалы и шламохранилища. Использование отработанных шламохранилищ в качестве слабых оснований при расширении солеотвалов способом гидронамыва, способствующие сокращению изъятия дополнительных сельскохозяйственных площадей под солеотвалы в условиях отсутствия возможностей роста и (или) резерва земельных ресурсов, в связи с минимизацией площадей под складирование отходов на территории калийных предприятий, является приоритетным направлением развития технологий в минерально-сырьевом секторе экономики.

В общем случае при гидронамыве солеотходы в солеотвал подаются в виде твердой части пульпы, а в качестве несущей жидкости используют насыщенный рассол. Отводимые площади под солеотвалы, как правило, имеют значительные размеры (порядка 300 га). В верхней

части площади намываются солеотходы, в нижней – скапливаются тонкие частицы и рассол. Угол откоса намываемого массива до  $4^\circ$ . Высота солеотвалов в большинстве случаев составляет 35-45 м. Высота дамб в нижней части солеотвала, где скапливаются тонкие частицы, до 10 м. Площадь солеотвала с рассолосборником 300-350 га, из которых порядка 150 га занимает площадь самого рассолосборника. При проведении дополнительных исследований солеотвалы можно формировать с большими высотами.

Анализ формирований солеотвалов способом гидронамыва и изменение физико-механических свойств солеотходов во времени демонстрирует следующее. Гидронамыв высококонцентрированной пульпой позволяет формировать откос солеотвала с любым углом, т.к. откос формируется бульдозером с любым шагом, а не за счет угла естественного откоса; использовать любую площадь под основание; увеличивать массу складировемых солеотходов на единицу площади ввиду большей плотности намывного массива по сравнению с отсыпанным.

При гидронамыве в сравнении с сухой отсыпкой, на той же площади солеотвала можно разместить в 1,38 раза больше солеотходов, сократить капитальные затраты в 2-3 раза. Большая масса размещаемых в солеотвал солеотходов, достигается за счет большей плотности намывного массива.

Одним из способов складирования солеотходов может быть обезвоживание шламовых отходов и их складирование всухую, отдельно от галитовых отходов, либо совместно с галитовыми отходами. Содержание глинистых шламов около 17 % является оптимальным и не вызывает существенного изменения показателей общей прочности смеси, а по сравнению со свежими чистыми галитами даже несколько ее повышает.

С целью выявления рассольных горизонтов процессе гидронамыва требуется постоянный геомеханический мониторинг за состоянием намывного грунта. Особенно важным является выявление промоин, вызванных суффозионными процессами и происходящими в период гидронамыва; растворения поверхностных слоев, вызванные атмосферными осадками (дожди, таяние снега, туман); наличия трещин, вызванные оседанием солеотвала под собственным весом на слабом основании, в т.ч. в период подработки.

Например, выбор технологии складирования для Усольского калийного комбината рассматривался по 3 вариантам: складирование солеотходов с отвалообразователями; складирование гидронамывом с конвейерной доставкой солеотходов; складирование гидронамывом с доставкой солеотходов гидротранспортом.

Установлено, что третий вариант требует меньших капитальных затрат и имеет меньшие эксплуатационные затраты. Однако ввиду меньшей, чем во втором варианте массы складываемых солеотходов (на 26,3 млн.т), потребуются дополнительные затраты на строительство еще одной площадки. Потребная площадь солеотвала для складирования 26,3 млн.т солеотходов составляет 45 га. В третьем варианте принято неопробованное решение. Так, условно принято, что после дренирования рассола из тонких фракций, скапливающихся в нижней части площадки солеотвала, физико-механические свойства массива станут такими, что позволит достичь высоты солеотвала 100 м.

Анализ рассматриваемых вариантов позволил принять следующее решение по технологии складирования. Так, вначале гидронамыв производится концентрированной пульпой, затем в течение первых лет эксплуатации проводятся опытно-промышленные работы с целью отработки технологии гидронамыва пульпой обычной концентрации на склонах с углом наклона 3-10°, а также изучаются физико-механические и реологические характеристики массива солеотвала из тонких фракций и выполняется расчет предельной высоты солеотвала

Представленная технология формирования солеотвала Усольского калийного комбината, принимая во внимание основные технические решения и показатели по проектируемому солеотвалу (на основании отсыпается подушка из галита, подаваемого конвейером и распределяемого по плоскости основания бульдозерами, при этом ее толщина в центре солеотвала составляет до 10 м, а за счет уклона площадки солеотвала от центра к краям насыпи увеличивается до 20-25 м; далее производится гидронамыв солеотвала густой пульпой, приготовляемой непосредственно на солеотвале), с учетом опыта исследований и интерпретации процессов технологии гидронамыва, позволяет прогнозировать, что при гидронамыве под действием медленно возрастающей нагрузки тела солеотвала основание его будет упрочняться. Это заключение подтверждается работами по гидронамыву, например, на Втором и Третьем Соликамских рудоуправлениях (СКРУ-2, СКРУ-3), Третьем Березниковском калийном производственном рудоуправлении (БКПРУ-3).

Так, на СКРУ-2 и СКРУ-3 на основании, представленное осадком глинисто-солевых шламов, толщиной до 8 м, при темпе намыва 5-10 м в год выпора глинисто-солевых шламов не наблюдалось. Достигнутая высота солеотвала по верхней бровке в районе глинисто-солевых шламов с углом откоса 37° на СКРУ-2 – 60 м, на СКРУ-3 – 20 м.

На БКПРУ-3 намыв проводился на наклонное основание 3-3,5°, представленное глинистым грунтом с низкими прочностными характеристиками. По этой причине проектом предусматривалось складирование

солеотходов сухой отсыпкой в два яруса. Высота первого яруса не более 30 м. При гидронамыве, который можно представить в виде многоярусного складирования из-за небольшого темпа роста высоты, устойчивость откосов сохраняется при угле откоса 37° и высоте по верхней бровке 50 м.

Особого внимания также заслуживают меры по использованию отработанных шламохранилищ ОАО «Беларуськалий» в качестве оснований при расширении солеотвалов способом гидронамыва, сокращению изъятия дополнительных сельскохозяйственных площадей под солеотвалы, что способствует снижению техногенеза в районах работ калийных предприятий, в частности ЗРУ и ЗРУ.

Наиболее ярким примером следует считать производство работ по складированию солеотходов на отработанное шламохранилище ЗРУ, реализуемых в соответствии с разработанной ОАО «Белгорхимпром» Технологической инструкцией на складирование галитовых отходов способом гидронамыва на акваторию шламохранилища ЗРУ с отметки солеотвала +240,00 м. В инструкции регламентирован технологический процесс гидронамыва солеотвала ЗРУ до отметки +207,5 м в виде пласт-плиты (солеплиты), формируемой на слабом основании – отработанном шламохранилище.

УДК 544.576

**Н.П.Крутько<sup>1</sup>, В.В.Шевчук<sup>1</sup>, О.А.Ивашкевич<sup>2</sup>,  
С.К.Рахманов<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси; <sup>2</sup>Белорусский государственный университет; <sup>3</sup>Совет Республики Национального собрания Республики Беларусь, г. Минск)

## **О СОЗДАНИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ИННОВАЦИОННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СТРУКТУР В ОБЛАСТИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

---

Стратегические приоритеты развития отрасли по производству минеральных удобрений требуют проведения широкомасштабных научных исследований и опытно-промышленных работ в области добычи и переработки калийных и фосфатных руд, производства новых перспективных форм специальных удобрений, создания горно-шахтного и технологического оборудования.



Успешное строительство и функционирование предприятий по производству минеральных удобрений возможно только при постоянном совершенствовании технологий добычи и переработки калийных и фосфатных руд, направленных на повышение извлечения полезных компонентов из руды, достижение оптимальных параметров процесса обогащения, повышение качества удобрений при одновременном сокращении энергетических и материальных затрат. Следует также учитывать, что качество добываемой руды со временем ухудшается, а вовлечение в процесс переработки сильвинито-карналлитовых руд на новых участках калийных месторождений резко усложняет процесс

Работа химической отрасли всех постсоветских республик и их научное обеспечение до настоящего времени сохранили ряд общих черт, которые связаны с единой стратегией создания химических производств в СССР в прошлом веке, а именно:

- значительный удельный вес устаревшего оборудования и технологий, высокая энергоемкость, снижающая конкурентоспособность выпускаемой продукции;

- межведомственная разобщенность и отсутствие координационного органа по организации эффективного взаимодействия академической, отраслевой, вузовской науки с химическими предприятиями;

- отсутствие отечественного химического машиностроения;

- практически полное отсутствие опытно-технологической базы, модельных, пилотных установок для апробирования новых технологических процессов и наработки опытных партий перспективной продукции;

- крайне низкий удельный вес ученых академической, отраслевой и вузовской науки (до 3%), работающих в интересах предприятий химической и нефтехимической отрасли.

Таким образом, укрепление научного и технологического потенциала химического комплекса необходимо для всех стран постсоветского пространства.

Например, как в Беларуси, так и в России, имеется огромный резерв по расширению ассортимента выпускаемых минеральных удобрений, о чем свидетельствуют примеры некоторых стран Западной Европы. Так, норвежская компания Yara International не имея собственной сырьевой базы, производит широкий спектр удобрений на предприятиях, расположенных почти в 50 странах мира, объем производства которых превышает 20 млн. тонн удобрений в год. В небольшой Бельгии работают несколько крупных компаний, выпускающих специальные, обогащенные макро- и микроэлементами, простые и комплексные водорастворимые удобрения в жидкой и твердой форме, которые поставляются в различные страны мира, в том числе в Россию и Беларусь.

В России и Беларуси, которые имеют огромный рынок сбыта минеральных удобрений, значительный сырьевой и научно-технический потенциал, не организовано масштабное производство данных видов удобрений, несмотря на то, что научные разработки в этом направлении не уступают по своему уровню лучшим мировым образцам.

Необходимо объединение научно-технического потенциала академической, вузовской и отраслевой науки для решения проблем нефтехимических предприятий, осуществление совместных комплексных фундаментальных и прикладных исследований, ориентированных на создание наукоемких технологий по производству химической продукции, в том числе малотоннажной, с учетом зарубежного опыта по созданию и развитию инновационных инжиниринговых структур в химическом комплексе.

В нормативно-правовой базе практически не предусматривается проведение работ, касающихся определения стратегии развития нефтехимического комплекса, хотя по своей значимости такого рода работы имеют зачастую более важное значение, чем традиционные инновационные разработки.

Общеизвестно, что научные знания, полученные в академической среде, НИИ, университетах, плохо конвертируются в технологические новации в промышленности. Для преодоления данного разрыва создаются специальные инжиниринговые структуры, на которые возлагаются функции трансформации результатов научных исследований в проектные решения.

Лидерами в области инновационного развития химического комплекса должны быть крупные предприятия, в орбиту деятельности которых будет вовлечено среднее и малое предпринимательство.

Планируется создание комплексной инжиниринговой химической компании «Академхиминжиниринг» (КХК «Академхиминжиниринг») и инновационных химических кластеров, которые будут выполнять роль внедренческих научных центров, что позволит повысить эффективность использования имеющегося в Беларуси научного потенциала путем консолидации академической, ВУЗовской, отраслевой науки и инновационных бизнес-структур и будет способствовать комплексному решению стратегических задач предприятий нефтехимического комплекса.

В состав КХК «Академхиминжиниринг» будут входить:

– Государственное научное учреждение «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси (ИОНХ НАН Беларуси);

– ОАО «Гродненский научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза» (ГИАП);

– ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» (СИПР с ОП).

Функции исполнительного органа КХК «Академхиминжиниринг» на первоначальном этапе будет выполнять ГНПО «Химические продукты и технологии». Функции управления будут возложены на Объединенный научно-технический совет, в состав которого войдут руководители организаций членов КХК «Академхиминжиниринг» и ведущие специалисты по направлениям его деятельности.

Особенно актуально и важно создание КХК «Академхиминжиниринг» в связи с отсутствием в Республике Беларусь, России и других странах СНГ инженерно-технических структур, способных обеспечить комплексный инжиниринг, включающий все стадии реализации проектов в калийной отрасли – от исследования руд, разработки технологии до создания предприятий.

Следует отметить, что выполнение таких комплексных проектов в рамках государственных программ научных исследований и государственных научно-технических программ затруднено, поскольку для этого требуется привлечение специалистов различного профиля из разных организаций. Создание КХК «Академхиминжиниринг» и Солигорского горно-химического комплекса «Минеральные удобрения» позволит объединить усилия академической и отраслевой науки и инновационных бизнес-структур в области добычи, обогащения и переработки минерального сырья, производства минеральных удобрений и других химических продуктов, которые будут выполнять роль внедренческих научных центров, что позволит повысить эффективность использования имеющегося в Беларуси научного потенциала и способствовать комплексному решению стратегических задач предприятий нефтехимического комплекса.

УДК 504.06:51-74

**Лаптёнок С.А.<sup>1</sup>, Кологривко А.А.<sup>1</sup>,  
Кахаров С.К.<sup>2</sup>, Джураев А.О.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

<sup>2</sup>Навоийский государственный горный институт, Узбекистан)

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРЕЛЯЦИИ СОПРЯЖЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА МНОГОФАКТОРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

---

В целях моделирования влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека, проведен первичный

анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 годы, в результате которого были рассчитаны интенсивные показатели заболеваемости по количеству случаев за каждый год и средней численности населения за весь изучаемый период, который затем был разделен на пять подпериодов: 01.01.1953–31.12.1964; 01.01.1965–31.12.1974; 01.01.1975–30.06.1984; 01.07.1984–30.06.1994; 01.07.1994–31.12.2003 [1].

Проведена пространственная категоризация всех случаев злокачественных новообразований у населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области (свыше 7300 по данным белорусского канцер-регистра) по территориальной принадлежности к зоне, расположенной на разломах и между разломами Украинско-Балтийского суперрегионального линеамента (так называемой Ивенецко-Першайской зоне), к зонам, расположенным над другими региональными и локальными линеаментами, а также к зонам, расположенным вне линеаментов и кольцевых структур [1].

Для количественной оценки значимости влияния геофизических факторов, действующих в зонах линеаментов земной коры, и фактора загрязнения территории радионуклидами на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в данном исследовании использовались методы обработки категоризованных данных, основанные на различных алгоритмах расчета корреляции сопряженных признаков [2-6]. Данные алгоритмы применяются при анализе насыщенных моделей данных качественного характера, представляющих собой так называемые таблицы сопряженности.

Для уровней интенсивных показателей заболеваемости в населенных пунктах при различных сочетаниях исследуемых факторов такие модели были построены по схеме, представленной в табл. 2. Здесь категория  $A_1$  означает населенные пункты, расположенные вне зоны Украинско-Балтийского линеамента, категория  $A_2$  – населенные пункты, расположенные в зоне над Украинско-Балтийским линеаментом, а категория  $A_3$  – населенные пункты, расположенные над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеамент; категория  $B_1$  означает населенные пункты, расположенные на территориях, не загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ ,  $B_2$  – на загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  территориях (табл. 2). Категории соответствуют результатам пространственной категоризации данных, описанной в таблице 1. Собственно модели для всего периода наблюдения и для отдельных подпериодов представлены в таблицах 3–8.

**Таблица 1 – Условные обозначения категорий населенных пунктов**

<b>Обозначение</b>	<b>Содержание</b>
«101»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линеаментом, не загрязненной радионуклидами $^{137}\text{Cs}$
«102»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линеаментом, загрязненной радионуклидами $^{137}\text{Cs}$
«111»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеамент, не загрязненной радионуклидами $^{137}\text{Cs}$
«112»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеамент, загрязненной радионуклидами $^{137}\text{Cs}$
«200»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линеамента, не загрязненной радионуклидами $^{137}\text{Cs}$
«202»	Населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линеамента, загрязненной радионуклидами $^{137}\text{Cs}$

**Таблица 2 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей по категориям**

	$B_1$	$B_2$
$A_1$	200	202
$A_2$	101	102
$A_3$	111	112

**Таблица 3 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей за период с 01.01.1953 г. по 31.12.2003 г.**

	$B_1$	$B_2$
$A_1$	6338.09	4446.71
$A_2$	5405.41	6373.88
$A_3$	4725.38	7692.31

**Таблица 4 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей за период с 01.01.1953 г. по 31.12.1964 г.**

	$B_1$	$B_2$
$A_1$	80.66	0
$A_2$	53.79	138.73
$A_3$	529.10	0

**Таблица 5 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей за период с 01.01.1965 г. по 31.12.1974 г.**

	$B_1$	$B_2$
$A_1$	143.83	48.34
$A_2$	97.87	181.10
$A_3$	142.42	510.20

**Таблица 6 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей за период с 01.01.1975 г. по 30.06.1984 г.**

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>	381.42	270.35
A <sub>2</sub>	201.92	417.00
A <sub>3</sub>	261.10	0

**Таблица 7 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей за период с 01.07.1984 г. по 30.06.1994 г.**

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>	2948.56	2440.03
A <sub>2</sub>	2329.62	2890.17
A <sub>3</sub>	2562.25	75000.00

**Таблица 8 – Таблица сопряженности для интенсивных показателей за период с 01.07.1994 г. по 31.12.2003 г.**

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>	3350.70	2926.33
A <sub>2</sub>	6087.82	311.18
A <sub>3</sub>	2599.92	8108.11

Для повышения точности первичной оценки значимости влияния геофизических факторов, действующих в зонах линеаментов земной коры, и фактора загрязнения территории радионуклидами на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, произведенной в [1], осуществлялся расчет логарифмов преобладания (логитов) для каждого из изолированных и комбинированных факторов [2,3,4,5,6]. В таблицах 9–14 представлены расчетные значения для различных периодов наблюдения.

**Таблица 9 – Количественная оценка значимости факторов, влияющих на риск формирования злокачественных новообразований за период с 01.01.1953 г. по 31.12.2003 г.**

Фактор	$\lambda$	$e^\lambda$	$e^\lambda - 1$
A <sub>1</sub>	-0.019	0.981	-0.019
A <sub>2</sub>	0.003	1.003	0.003
A <sub>3</sub>	0.015	1.015	0.015
B <sub>1</sub>	-0.014	0.986	-0.014
B <sub>2</sub>	0.014	1.014	0.014
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0.055	1.057	0.057
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	-0.055	0.946	-0.054
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	-0.007	0.993	-0.007
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	0.007	1.007	0.007
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	-0.049	0.953	-0.047
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	0.049	1.050	0.050

**Таблица 10 – Количественная оценка значимости факторов, влияющих на риск формирования злокачественных новообразований за период с 01.01.1953 г. по 31.12.1964 г.**

<b>Фактор</b>	$\lambda$	$e^\lambda$	$e^\lambda-1$
A <sub>1</sub>	-0.150	0.861	-0.139
A <sub>2</sub>	-0.030	0.971	-0.029
A <sub>3</sub>	0.179	1.196	0.196
B <sub>1</sub>	0.142	1.153	0.153
B <sub>2</sub>	-0.142	0.867	-0.133
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	-0.051	0.951	-0.049
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.051	1.052	0.052
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	-0.228	0.796	-0.204
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	0.228	1.256	0.256
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	0.278	1.321	0.321
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	-0.278	0.757	-0.243

**Таблица 11 – Количественная оценка значимости факторов, влияющих на риск формирования злокачественных новообразований за период с 01.01.1965 г. по 31.12.1974 г.**

<b>Фактор</b>	$\lambda$	$e^\lambda$	$e^\lambda-1$
A <sub>1</sub>	-0.115	0.891	-0.109
A <sub>2</sub>	-0.050	0.951	-0.049
A <sub>3</sub>	0.166	1.180	0.180
B <sub>1</sub>	-0.066	0.937	-0.063
B <sub>2</sub>	0.066	1.068	0.068
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0.138	1.148	0.148
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	-0.138	0.871	-0.129
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0.006	1.006	0.006
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	-0.006	0.994	-0.006
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	-0.144	0.865	-0.135
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	0.144	1.155	0.155

**Таблица 12 – Количественная оценка значимости факторов, влияющих на риск формирования злокачественных новообразований за период с 01.01.1975 г. по 30.06.1984 г.**

<b>Фактор</b>	$\lambda$	$e^\lambda$	$e^\lambda-1$
A <sub>1</sub>	0.075	1.078	0.078
A <sub>2</sub>	0.056	1.058	0.058
A <sub>3</sub>	-0.131	0.877	-0.123
B <sub>1</sub>	0.032	1.033	0.033
B <sub>2</sub>	-0.032	0.968	-0.032
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0.018	1.019	0.019
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	-0.018	0.982	-0.018
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	-0.133	0.876	-0.124
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	0.133	1.142	0.142
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	0.114	1.121	0.121
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	-0.114	0.892	-0.108

Наиболее информативным контрольным показателем в таблицах являются значения  $1-e^{\lambda}$ , знак и абсолютное значение которых указывают на характер и значимость влияния каждого фактора (изолированного или комбинированного) на исследуемый процесс.

**Таблица 13 – Количественная оценка значимости факторов, влияющих на риск формирования злокачественных новообразований за период с 01.07.1984 г. по 30.06.1994 г.**

Фактор	$\lambda$	$e^{\lambda}$	$e^{\lambda}-1$
A <sub>1</sub>	-0.155	0.857	-0.143
A <sub>2</sub>	-0.156	0.855	-0.145
A <sub>3</sub>	0.311	1.365	0.365
B <sub>1</sub>	-0.156	0.855	-0.145
B <sub>2</sub>	0.156	1.169	0.169
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0.162	1.176	0.176
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	-0.162	0.851	-0.149
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0.150	1.162	0.162
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	-0.150	0.860	-0.140
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	-0.312	0.732	-0.268
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	0.312	1.366	0.366

**Таблица 14 – Количественная оценка значимости факторов, влияющих на риск формирования злокачественных новообразований за период с 01.07.1994 г. по 31.12.2003 г.**

Фактор	$\lambda$	$e^{\lambda}$	$e^{\lambda}-1$
A <sub>1</sub>	-0.037	0.964	-0.036
A <sub>2</sub>	-0.052	0.949	-0.051
A <sub>3</sub>	0.089	1.093	0.093
B <sub>1</sub>	0.016	1.016	0.016
B <sub>2</sub>	-0.016	0.984	-0.016
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	-0.002	0.998	-0.002
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.002	1.002	0.002
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0.181	1.198	0.198
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	-0.181	0.835	-0.165
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	-0.179	0.836	-0.164
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	0.179	1.196	0.196

Анализ результатов, представленных в таблицах 9–14, в целом подтверждает тенденции, выявленные в [1]. Так, значение  $1-e^{\lambda}$  для фактора B<sub>2</sub> (загрязнение территории радионуклидами <sup>137</sup>Cs) за весь период наблюдения составило 0.014 (незначительный положительный вклад) (табл. 9). В среднем за период с 01.07.1984 г. по 31.12.2003 г. (табл. 13, 14) значения данного параметра превышают значения, относящиеся к периоду с 01.01.1953 г. по 30.06.1984 г. (табл. 10–12). Следовательно, фактор



радионуклидного загрязнения обуславливает определенное повышение уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями.

Значение  $1-e^{\lambda}$  для фактора  $A_2B_2$  (загрязнение территории над УБЛ радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ) за весь период наблюдения практически равно нулю (табл. 9). В период с 01.07.1984 г. по 31.12.2003 г. данный параметр имеет значимо отрицательные значения (табл. 13, 14), в то время как в период с 01.01.1953 г. по 30.06.1984 г. – значимо отрицательные либо практически равные нулю (табл. 10–12). Следовательно, фактор радионуклидного загрязнения обуславливает определенное снижение уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями в населенных пунктах, расположенных в зоне над Украинско-Балтийским линеаментом.

### Литература

1. Лаптёнок, С.А. Оценка значимости вклада геоэкологических факторов в формирование эпидемиологических рисков. Построение и первичный анализ таблиц сопряженности / Вопросы организации и информатизации здравоохранения, 2015, № 2, – С. 92-95.

2. Аптон, Г. Анализ таблиц сопряженности / Г. Аптон. – Москва: Финансы и статистика, 1982, – 143 с.

3. Goodman, L.A. Analysing qualitative/categorical data. Loglinear models and latent-structure analysis. / L.A. Goodman. – L.: Addison – Wesley Publ. Co., 1978, – 355 p.

4. Mosteller, F. Association and estimation in contingency tables // F. Mosteller. J. Amer. Statist. Assoc. – 1968, #63, – P. 1-28.

5. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / Бубнов, В.П., Дорожко, С.В., Лаптенко, С.А. // – Минск: БНТУ, 2009, – 266 с.

6. Лаптенко, С.А. Оценка влияния некоторых стромогенных факторов на развитие зоба у детей методом логарифмов преобладания / С.А. Лаптенко // Здравоохранение. – 1998. – № 7. – С. 43-46.

7. Лаптенко, С.А. Информационно-аналитический комплекс для математической обработки медико-экологических данных в целях решения задач по минимизации последствий чрезвычайных ситуаций : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.02 / С.А. Лаптенко; ИРБ «БЕЛРАД». – Мн., 2001. – 23 с.

8. Лаптенко, С.А. Оценка влияния некоторых стромогенных факторов на развитие зоба у детей методом приращения информации / С.А. Лаптенко, Н.В. Арсюткин // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 1998. – №3. – С. 22-26.

9. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптёнок, – Минск: БНТУ, 2013, –287 с.

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

---

В различных областях человеческой деятельности часто встречаются ситуации, когда значимость факторов, оказывающих влияние на тот или иной процесс, эффективность предполагаемых к проведению мероприятий сложно оценить с достаточной степенью объективности. В таких случаях прибегают к методам экспертного оценивания проблемных характеристик, устраняющим субъективизм в принятии решений посредством реализации специальных процедур согласования.

В ряду таких методов наиболее оптимальным по эффективности и сравнительной простоте применения является метод, основанный на использовании ранговой корреляции. Реализуется он по следующему алгоритму.

1. Формулирование проблемы, обоснование целесообразности проведения экспертизы.

2. Подготовка исходной аналитической и методической документации.

3. Отбор экспертов.

4. Обсуждение с экспертами требований к процедуре проведения экспертизы.

5. Внесение изменений и уточнений в методическую документацию.

6. Выбор и обоснование критериев оценивания.

7. Определение приоритетов критериев в сопоставимых масштабах.

8. Оценка значимости факторов (мероприятий) на основе критериев, признанных приоритетными.

9. Обработка результатов экспертизы, оценка согласованности субъективных мнений экспертов.

10.\* Обсуждение результатов экспертизы (деловая игра).

11.\* Повторные экспертизы (пп. 8, 9).

12. Обобщение полученных результатов, подготовка соответствующей документации и методических рекомендаций.

(\* – пп. 10 и 11 реализуются в том случае, если согласованность мнений экспертов не превышает заранее установленного уровня)

В ходе реализации пп. 9 – 12 выполняются следующие процедуры:

- расчет коэффициента конкордации (показателя согласованности) оценок для всех экспертов;
- оценка удельного веса каждого из факторов, по которым проводится экспертиза;
- выделение групп («школ») «союзников» и «противников» среди экспертов для обсуждения вопросов, по которым необходимо дальнейшее согласование оценок;
- построение моделей, количественно оценивающих значимость влияния изучаемых факторов на выбор принимаемого решения.

Отбор экспертов может осуществляться по нескольким схемам. В случае если заранее известна определенная группа специалистов, работающих в области изучаемой проблемы, отбор экспертной группы производится следующим образом: каждому из них предлагается участвовать в работе экспертной группы и указать других специалистов, которых, по его мнению, целесообразно в нее привлечь. Вновь названные потенциальные эксперты, выразившие согласие на сотрудничество, в свою очередь предлагают новых участников группы и так далее. После нескольких итераций (циклов) фамилии специалистов начнут повторяться. Процесс завершается, когда при каждом следующем опросе прирост количества кандидатов не превышает 10%.

В случае если первоначальная группа специалистов неизвестна, процедура отбора экспертов производится на основании анализа литературных источников, результаты которого вносятся в специальную таблицу цитирований (табл. 1.).

**Таблица 1 – Количество публикаций и цитирований**

Кто цитировал	Кого и сколько раз цитировали авторы				Количество цитирований	Количество публикаций
	Автор № 1	Автор № 2	...	Автор № n		
<b>Автор № 1</b>	C(1,1)	C(1,2)	...	C(1,n)	N <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
<b>Автор № 2</b>	C(2,1)	C(2,2)	...	C(2,n)	N <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
...	...	...	...	...	...	...
<b>Автор № n</b>	C(n,1)	C(n,2)	...	C(n,n)	N <sub>n</sub>	P <sub>n</sub>
<b>Количество цитирований</b>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	...	K <sub>n</sub>		

Экспертам предлагается осуществить ранжирование показателей по степени важности – каждому из них присваивается свой ранг. Наиболее важный будет иметь ранг 1, менее важный – ранг 2 и т.д. Наименее важному показателю эксперт назначает ранг, равный количеству

рассматриваемых показателей. В случае если эксперт считает одинаково важными несколько критериев, он ставит каждому из них одинаковый ранг, равный среднему арифметическому по занимаемым местам. Выполненное экспертами ранжирование сводится в таблицу (табл. 2.)

Таблица 2 – Результаты ранжирования

Эксперты	Факторы оценивания			
	1	2	...	n
1	$r_{11}$	$r_{12}$	...	$r_{1n}$
2	$r_{21}$	$r_{22}$	...	$r_{2n}$
...	...	...	...	...
m	$r_{m1}$	$r_{m2}$	...	$r_{mn}$
Суммы рангов	$r_1$	$r_2$	...	$r_n$

На основе обобщения результатов ранжирования рассчитываются величины, анализ которых позволяет судить о согласованности мнений экспертов:

- средние значения по каждому фактору

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{m},$$

- среднеквадратические отклонения по каждому фактору

$$S = \sqrt{\frac{r_i - r}{m - 1}},$$

• медианы, равные срединному значению ранга в ранжированном ряду. Сопоставление средних и медиан характеризует равномерность разброса оценок экспертов около среднего ранга по каждому из критериев, а среднеквадратическое отклонение – близость суждений экспертов в приоритете оценивания.

Согласованность суждений по всему множеству экспертов оценивается коэффициентом конкордации (согласия):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

где  $m$  – количество экспертов,  $n$  – количество показателей (факторов),  $S$  – сумма рангов. В случае, когда имеются так называемые «связанные» ранги, (т.е. рассчитанные как средняя арифметическая при равной важности нескольких показателей), коэффициент конкордации определяют по следующей формуле:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3 - n) - \frac{1}{12}m \sum_{j=1}^n (t_j^3 - t_j)},$$

где  $t_j$  – количество «связанных» рангов для каждого из экспертов.

Если коэффициент конкордации недостаточно велик, проводят повторный опрос экспертов после предварительного обсуждения проблемы. С этой целью для каждой пары экспертов оценивается согласованность их мнений, для чего используется коэффициент ранговой корреляции:

$$R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n},$$

где  $d_i$  – разности рангов, присвоенных данными двумя экспертами каждому из факторов (показателей). Чем больше абсолютное значение  $R$ , тем значительнее различие во мнениях экспертов. Такие «противники» и приглашаются для обсуждения. Затем проводится повторный опрос и ранжирование. Итерации проводятся до тех пор, пока значение коэффициента конкордации не превысит 0.6. Тогда ранжирование факторов (показателей) по их важности можно считать в достаточной степени объективным.

Очевидно, что наиболее трудоемким и продолжительным является этап подбора экспертов. Следовательно, сокращения времени, необходимого для принятия обоснованных решений, можно достичь путем привлечения к процедуре экспертизы уже сложившихся в процессе повседневной деятельности групп специалистов (коллегий министерств, консилиумов и т.п.) и использования вычислительной техники с соответствующим программным обеспечением для реализации этапов анкетирования экспертов и математической обработки данных.

Возможность применения различных подходов определяет высокую эффективность данного метода при проведении экспертиз как в условиях, когда временной фактор не имеет решающего значения, так и в экстренных случаях. Это касается практически любой сферы человеческой деятельности – от медицины, биологии и экологии до юриспруденции, экономики и государственной безопасности.

Особо следует выделить такую область эффективного применения данного метода, как исследование процессов, связанных с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. Широкий спектр мнений специалистов, вплоть до диаметрально противоположных, о характеристиках и перспективах развития этих процессов и об эффективности предлагаемых

специалистами мероприятий по минимизации их негативного воздействия на биологические и хозяйственные объекты требует высокоточных методов согласования и детерминирования.

Высокая степень точности количественного выражения такой качественной величины, как степень согласованности субъективных мнений экспертов, определяет необходимость внедрения метода в практическую деятельность.

### Литература

1. Арсюткин Н.В. Надежность технологической схемы и ее автоматизация //Механизация и автоматизация, №6, 1969.
2. Арсюткин Н.В., Смольская Н.А. Выбор рациональных направлений снижения материалоемкости в машиностроении, Мн.: БЕЛНИИ-ИНТИ, 1990.
3. Арсюткин Н.В., Енин Ю.И. Экономия материальных ресурсов в условиях переходного периода – приоритетное направление повышения эффективности хозяйствования. Мн.: НАН РБ, 2000.
4. Отчет о НИР, УДК 620.9(476), отдел 25.0, НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь, 1997.
5. Арсюткин Н.В. Материалоемкость и ресурсосбережение в национальной экономике (Республика Беларусь) Мн.: Право и экономика, 2006.
6. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П.Бубнов, С.В. Дорожко, С.А. Лаптенюк – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.

УДК 504.06:51-74

**Лаптёнок С.А.<sup>1</sup>, Минченко Е.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup> Институт бизнеса Белорусского государственного университета, г. Минск)

## РОЛЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ С ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

---

Возрастание эвристической, прогностической, интегративной и других функций математики в современном познании обусловлено целым комплексом взаимосвязанных между собой причин и факторов. Необходимость обращения к математическим средствам и методам

обусловлена прежде всего качественно новым уровнем познания, которого достигла наука в условиях научно-технической революции. В то же время, интенсивное развитие техники приводит к повышению вероятности техногенных катастроф и возникновению чрезвычайных ситуаций различного характера. Для предотвращения их возникновения и минимизации негативного воздействия на состояние здоровья населения математический анализ и обоснованный прогноз могут иметь решающее значение. В эпоху современной научно-технической революции математизация получает подлинно широкий размах, обретает принципиально новые черты и особенности, становится необходимым средством теоретизации и интеграции современного научного знания [1].

Опыт развития системных исследований в современной науке показывает, что внедрение в науку системного подхода, создание общей теории систем являются междисциплинарной задачей. В решении этой задачи должны принимать участие представители различных областей знания, в той или иной форме осознавшие необходимость совершенствования средств анализа сложноорганизованных объектов действительности. Системный подход – это методологическое направление в науке, основная задача которого состоит в разработке методов исследования и конструирования сложноорганизованных объектов – систем разных видов и классов. Системный подход представляет собой определенный этап в развитии методов познания, методов исследовательской и конструкторской деятельности, способов описания и объяснения природы анализируемых или искусственно создаваемых объектов. Существенное значение в системном подходе придается выявлению вероятностного характера поведения исследуемых объектов. Системный подход является теоретической и методологической основой системного анализа. [2]. Отличительной чертой общей теории систем является ее всеобщность и абстрактность, то, что она математически рассматривает свойства систем, а не их физическую форму. В силу этого важнейшая задача теории систем состоит в установлении количественных соотношений между переменными, описывающими поведение системы. Можно заключить, что система – это совокупность объектов, связанных некоторой формой взаимодействия или взаимозависимости, ориентированная на совокупную цель. [3]. Все попытки построения общей теории систем опираются на убеждение, что определенный класс объектов современной науки может быть адекватно исследован лишь на основе реализации системного подхода. [4].

Упрощение систем открывает широкие возможности применения системного подхода к изучению функционирования живого организма (животного или человека). Внимание исследователя при системном

подходе направлено не на целостность объекта (наличие целостности рассматривается как нечто само собой разумеющееся), а на его состав, на свойства элементов, проявляющихся во взаимодействии. Установление же в системе устойчивых взаимосвязей элементов различных уровней (как в «горизонтальной» так и в «вертикальной» плоскостях), т.е. установление «закона связей» элементов, есть обнаружение структурности системы как следующий момент конкретизации целого [5]. Рассмотрение различных попыток построения единой организационной теории, или теории систем, обнаруживает их общность, заключающуюся в том, что в основе всех этих концепций лежит принцип системности, системный подход. [2,4,6,7,8]. Поскольку математизация и системный анализ широко распространены в современной биологии, в частности, и на организменном уровне, методологически правомерным может быть использование их и в медицинской науке. Системный подход к изучению процессов жизнедеятельности организма с применением различных методов исследования (клинических, лабораторных, инструментальных и других, в том числе и математических) откроет новые возможности в диагностике, прогнозировании и профилактике – важнейших областях медицины.

Математизация современного научного познания самым тесным образом связана с развитием самой математики, расширением ее предмета, возрастанием абстрактного характера ее концепций, теорий, возникновением новых, более совершенных методов исследования. Теперь математику характеризуют как науку об абстрактных структурах и категориях математических объектов. С помощью современных алгебраических структур и, в особенности, категорий, можно анализировать не только отношения между величинами, но и отношения подчинения и иерархии в социальных системах, суждения в логике и т.п. Эти математические объекты и отношения мало похожи на привычные числа и величины. Они обладают чрезвычайно высокой информационной емкостью, благодаря чему создаются значительно лучшие предпосылки для расширения и углубления математизации научного знания, чем в классической математике. Об этом свидетельствует широкое применение новых и новейших математических средств и методов в современном естествознании и других науках [9]. Наиболее эффективным способом применения математических идей, теорий и методов в конкретных науках является построение математических моделей. Особое значение такие модели приобретают при решении крупных комплексных научно-технических задач и глобальных проблем. Наряду с этим используются и другие методы и способы, начиная с простого счета и измерения и кончая использованием математического стиля мышления.



Для эффективного применения математических средств и методов должны быть созданы необходимые предпосылки и условия как в математизируемой науке, так и в самой математике. Попытки применения математики в той или иной области научного знания нередко обнаруживают неполноту эмпирического материала, которым эта область располагает, и это вызывает необходимость в приобретении новых эмпирических данных, нередко приходится уточнять существующие понятия и концепции, вводить абстракции и идеализации. В этой связи важно отметить, что чем проще исследуемые процессы и явления, чем однороднее их элементы, тем легче и быстрее поддаются они математической обработке. И, напротив, чем сложнее изучаемый объект, чем менее однородны его элементы, тем более качественно они дифференцированы, а потому применение математики в соответствующих науках более затруднено. С методологической точки зрения математическое исследование начинается лишь тогда, когда будет выявлено нечто общее, качественно однородное в изучаемых объектах и процессах, вследствие чего эти процессы можно анализировать чисто математическими методами [9]. В процессе научной и практической деятельности человечеством накоплены значительные объемы информации, относящейся к различным областям знания и интеллектуальным уровням. Большая часть этой информации нуждается в уточнении и упорядочении. Использование современных информационных технологий позволит произвести анализ и систематизацию этой информации, превратив ее таким образом в точное и общедоступное знание [10].

Методология системного подхода и реализующая его методика системного анализа являются неотъемлемой частью исследовательского процесса в любой области знания. Следовательно, уровень квалификации современного специалиста с высшим образованием любого профиля не может считаться достаточным, если программа его подготовки не содержала, по меньшей мере, основ системного подхода и системного анализа. Это касается не только «профильных» специальностей – технических, физико-математических, естественно-научных, экономических – но и специальностей, связанных с медициной, юриспруденцией, историей и археологией, искусством и т.п. В условиях интенсивного развития средств вычислительной техники и информационных технологий практически каждый человек является достаточно квалифицированным пользователем различного рода средств и устройств. Освоение этих средств, устройств и технологий на более высоком уровне – необходимое условие подготовки специалистов высокой квалификации, которые должны иметь навыки применения системного подхода и системного анализа, средств создания и обработки баз данных

и простейших геоинформационных систем, а при необходимости – и элементарные навыки программирования для решения несложных рутинных задач в повседневной работе. Это позволит значительно расширить спектр задач, которые работник сможет решать без привлечения профильных специалистов в области обработки данных, а при их привлечении для решения более сложных задач облегчит взаимопонимание и эффективность работы.

### Литература

1. Рузавин, Г.И. Математизация научного знания – М.: Мысль, 1984, – 207 с.
2. Блауберг, И.В. Системный подход к современной науке / Блауберг, И.В., Садовский, В.Н., Юдин, Э.Г. // Сб. Проблемы методологии системного исследования. – М., 1970, – С.7-48.
3. Заде, Л. От теории цепей к теории систем. /Труды института радиоинженеров, 1962, т.50, №5, ч.1, – С.878.
4. Сетров, М.И. Принцип системности и его основные понятия / Сб. Проблемы методологии системного исследования – М., 1970, – С. 49-65.
5. Смородинский, А.В. Базы данных: тенденции развития / Смородинский, А.В., Ривкин, М.Н. // Мир ПК, 1990, №5, – С. 30-36.
6. Малиновский, А.А. Общие вопросы строения систем и их значение для биологии / Сб. Проблемы методологии системного исследования. – М., 1970, – С.146-183.
7. Сетров, М.И. Значение общей теории систем Л. Берталанди для биологии / Сб. Философские проблемы современной биологии – С. 48-50.
8. Хайлов, К.М. Системы и систематизация в биологии / Сб. Проблемы методологии системного исследования. – М., 1970. – С. 127-145.
9. Урсул, А.Д. Успехи и границы математизации. / Вопросы философии, 1979, №2, – С 35-49.
10. Мичи, Д. Компьютер-творец. / Мичи, Д., Джонсон, Р.// – М.: Мир, 1987, – 254 с.
11. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / Бубнов, В.П., Дорожко, С.В., Лаптенко, С.А. // – Минск: БНТУ, 2009, – 266 с.
12. Морзак, Г.И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии / Морзак, Г.И., Лаптёнок, С.А. // – Минск: БГАТУ, 2011, – 210 с.
13. Лаптёнок, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптёнок, – Минск: БНТУ, 2013, –287 с.

## ПРОСТРАНСТВЕННО-АТРИБУТИВНАЯ КАТЕГОРИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ЭКОЛОГО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

---

Заболеваемость злокачественными новообразованиями является одной из наиболее острых проблем, возникающих в результате загрязнения территории радионуклидами. Исследования в данной области уже длительное время остаются актуальными во всем мире.

В частности, в ходе наблюдения за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию поражающих факторов ядерной бомбардировки в Японии, было установлено, что в данной группе имел место достоверный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями различной локализации: лейкозов – через 5 лет после бомбардировки, новообразований щитовидной железы – через 10, молочной железы и легких – через 20, желудка, ободочной кишки и миелом – через 30 лет [1].

На основе информации, представленной, в частности, источниками [1-3], была сформулирована цель настоящего исследования: оценить влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека.

Данная задача решалась с использованием инструментальных средств среды ArcView GIS и модулей РАСТР Профи и ImageWarp. Визуализация и анализ полученной пространственной модели позволили установить следующее.

1. Расположение и направление разломов, над которыми расположены установленные ранее населенные пункты практически полностью соответствуют расположению и направлению фрагмента Балтийско-Украинского супперрегионального линеамента.

2. Территория, загрязненная радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ , соответствует территории, ограниченной разломами [2].

3. Атрибутивная пространственная информация о населенных пунктах, расположенных как внутри изучаемой зоны (загрязненной радионуклидами цезия и «чистой»), так и вне ее, соответствует ранее полученным данным [4].

4. Территория Воложинского и Столбцовского районов, загрязненная радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ , расположена над фрагментом Балтийско-Украинского супперрегионального линеамента [4].

Результаты данного исследования послужили основой для дальнейшей работы по оценке воздействия геофизических факторов, действующих в зонах линеаментов и кольцевых структур литосферы, на формирование геоэкологической обстановки.

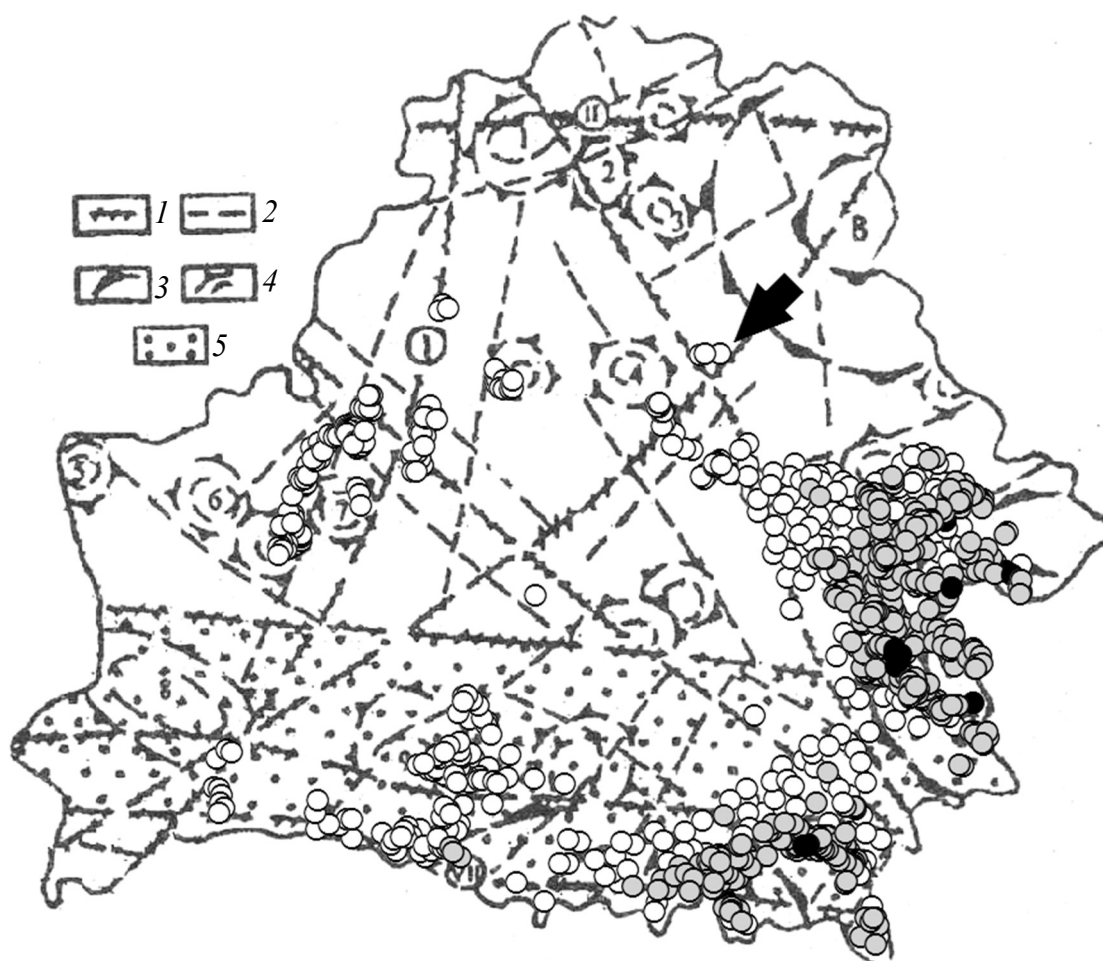
С использованием описанной методики, материалов и программного обеспечения было осуществлено геокодирование с последующим совмещением масштабов населенных пунктов, входящих в «Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь №132 от 01.02.2010 г. При этом для Витебской, Гродненской и Минской областей осуществлялось геокодирование всех населенных пунктов, входящих в перечень (все расположены в зоне проживания с периодическим радиационным контролем), для Брестской, Гомельской и Могилевской – всех населенных пунктов, расположенных в зоне последующего отселения, зоне с правом на отселение и части населенных пунктов, расположенных в зоне проживания с периодическим радиационным контролем.

На рисунке населенные пункты, расположенные в зоне проживания с периодическим радиационным контролем, обозначены символами с фоном белого цвета, населенные пункты, расположенные в зоне с правом на отселение и зоне последующего отселения – символами с фоном серого и черного цвета соответственно.

При анализе полученной комбинированной пространственной модели очевидно прослеживается тенденция к концентрации населенных пунктов, включенных в «Перечень...», вблизи ряда линеаментов и кольцевых структур (см. рисунок). В Витебской, Гродненской и Минской областях это характерно для всех населенных пунктов. При этом единственный населенный пункт в Витебской области, включенный в «Перечень...», расположен в непосредственной близости от пересечения двух линеаментов (на рисунке указан стрелкой).

В Брестской, Гомельской и Могилевской областях данная тенденция для населенных пунктов, расположенных в зоне проживания с периодическим радиационным контролем менее очевидна, так как загрязнению подверглись значительно большие площади. Тем не менее, она проявляется для населенных пунктов, расположенных в зоне с правом на отселение и зоне последующего отселения (см. рисунок).

Следует отметить, что не все линеаменты и кольцевые структуры отмечены зонами загрязнения территории радионуклидами цезия. Причины данного явления могут быть установлены в ходе дополнительных исследований состояния и геофизических характеристик разломов.



**Рисунок – Геокодирование населенных пунктов Республики Беларусь, входящих в «Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения»**

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что использование метода пространственно-атрибутивной категоризации данных с использованием средств программного обеспечения, реализующего технологии географических информационных систем, позволяет получить новую информацию об объекте исследования. Полученная дополнительная информация обеспечит повышение адекватности и эффективности моделирования и достоверности оценок при анализе моделей.

#### Литература

1. Антипова, С.И. Заболеваемость злокачественными новообразованиями в регионах Беларуси через 22 года после катастрофы на Чернобыльской АЭС / С.И. Антипова, Н.Г. Шебеко // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС, – 2009, – № 1-2, – С. 3-10.

2. Тяшкевич, И.А. 40 лет развития метода дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь / И.А. Тяшкевич // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск, –2006, –С. 6-10.

3. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П. Бубнов, С.В. Дорожко, С.А. Лаптёнок – Минск, БНТУ, 2009, – 266 с.

4. Лаптёнок, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптёнок, – Минск: БНТУ, 2013. –287 с.

УДК 666.3.022:666.12

**Левицкий И.А.**

(УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск)

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ

---

Превращение минерального природного и техногенного сырья в керамические, стеклянные и другие силикатные изделия было и всегда будет одной из главных задач промышленного производства, возможности которого в этом отношении практически неограничены.

Учитывая это, кафедра технологии стекла и керамики БГТУ в своей научной деятельности руководствуется двумя главнейшими принципами: возможно более полное и комплексное использование ресурсов, основная часть которых представлена минеральным сырьем; доведение вторичных природных ресурсов (техногенных отходов производства) до такого состояния, чтобы они могли быть использованы целиком в промышленном многотоннажном производстве.

Научные исследования, проводимые в течение последних десятилетий, были направлены на исследование ряда минеральных сырьевых материалов, а также отходов промышленного производства.

Изучены метадиабазы Микашевичского месторождения и «Диабазовое» – одни из видов магматических горных пород, которые используются в составе масс для получения керамических плиток различного назначения взамен привозных полевых шпатов и пегматитов.

Проведены также комплексные исследования глауконитов месторождений «Карповцы» и «Добрушское» Республики Беларусь с целью использования их в качестве окрашивающей добавки в керамических массах, глазурах, фасадных красках и других материалов и изделий.

В течение ряда лет исследовались каолины белорусских месторождений «Ситница» Брестской области, «Дедовка» Гомельской области, а также месторождений «Скрипица», «Глушковичи» Гомельской области. Установлена возможность применения данного сырья для получения керамических плиток для устройства полов, плиток для внутренней облицовки стен, изготовления майоликовых изделий, огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Проведено комплексное исследование базальтов и базальтовых туфов Волыньско-Брестской магматической провинции Республики Беларусь. Научными исследованиями и промышленными испытаниями показана возможность получения из них петроситаллов, каменного литья, износостойких стеклокристаллических материалов. Определена возможность использования базальтов для получения минеральных волокон, ровингов, плит и других теплоизоляционных изделий. Проверенные исследования показали эффективность применения базальтов для производства плиток для внутренней облицовки стен и настила полов, керамического гранита, майоликовых изделий хозяйственно-бытового назначения и др.

Значительный объем исследований выполнен по изучению сырья новых участков кварцевых стекольных песков месторождения «Ленино» (Добрушский район Гомельской области). Обогащение данного сырья осуществляет Гомельский ГОК. Изучены кварцевые пески по геологическим пробам перспективного месторождения «Городное» Столинского района Брестской области. Рекомендованы технологические решения процессов их обогащения.

Проведены исследования и разработана технология подготовки доломитового сырья, используемого в стекольном производстве, с целью повышения качественных характеристик готовой продукции.

Значительные работы выполнены кафедрой по разработке научных направлений по утилизации отходов промышленного производства.

В течение ряда лет сотрудники кафедры технологии стекла и керамики БГТУ занимаются вопросами утилизации шламов гальванического производства ряда металлургических предприятий региона. Проведена оценка их санитарно-гигиенических свойств, изучены процессы, происходящие при термической обработке, разработаны направления реализации в промышленности силикатных изделий. Разработана и реализована промышленная утилизация шламов ферро-ферригидрозолевого осаждения на Петриковском керамзитовом заводе при изготовлении

керамзитового гравия. Проведены промышленные испытания по получению лицевого кирпича объемного окрашивания на КПУП «Обольский керамический завод» и архитектурных изделий для реставрации фасадов исторических зданий в условиях УП «Комбинат декоративно-прикладного искусства им. А.М. Кищенко» г. Борисов.

Исследована и подтверждена практическая возможность получения цветных глазурных покрытий, окрашенных стекол строительного назначения на основе гальванических шламов различных предприятий.

Проведены исследования по реализации проблемы вовлечения в производство многотоннажных отходов камнедробления в виде гранитоидных отсеков, образующихся на Микашевичском месторождении РУП «Гранит». Реализована технология использования гранитоидных отсеков в производстве керамического кирпича (рядового и лицевого), плиток для внутренней облицовки стен, клинкерных плиток.

Разработаны рецептуры и технологические режимы получения клинкерного кирпича с использованием до 30 мас. % мелкозернистых (менее 1,0 мм) отходов. Разрабатывается рецептура и технологические режимы получения теплоизоляционных материалов с использованием гранитоидных отсеков, стеклокристаллических пропантов.

Комплекс работ, выполненных кафедрой технологии стекла и керамики БГТУ, касается вовлечения в производство органических отходов ряда производств, служащих поризующими составляющими керамических масс. В их числе скоп-отходы целлюлозно-бумажного производства, отходы обработки злаковых культур в виде шелухи, костра льна, шлам полей фильтрации теплоэлектростанций, отходы теплоэлектростанций в виде древесной золы.

Широко используются в качестве добавки в производстве кирпича отходы формовочных смесей ряда металлургических предприятий.

В числе последних разработок – вовлечение в производство отходов кремнегеля с целью получения вспененных водостойких материалов, которые сочетают низкую теплопроводность с термостойкостью и негорючестью, экологической чистотой и долговечностью. Материал предназначен для использования в качестве эффективного утеплителя и звукоизолятора, заполнителя легких бетонов, saniрующих и теплоизоляционных штукатурок, сухих смесей, фильтрующих элементов и др.

В настоящее время ведутся комплексные исследования по утилизации пыли-уноса газоочистных установок сталеплавильных печей.

Анализируемые направления использования местного сырья и отходов производства в разные годы выполнялись всеми сотрудниками кафедры технологии стекла и керамики БГТУ, аспирантами, магистрантами и студентами старших курсов.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАНИТОИДНЫХ ОТСЕВОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

---

В последние годы значительно возрос интерес к каменно-керамическим строительным материалам, обладающих рядом ценных свойств, важных в практическом отношении. К таким материалам относятся клинкерные изделия – клинкерный кирпич, архитектурные изделия и клинкерная плитка. Основными практически важными свойствами таких изделий является их высокая механическая прочность, морозостойкость, износостойкость и, как следствие, долговечность, что обусловлено низкой пористостью изделий и небольшим водопоглощением. Указанные свойства наряду с высоким качеством изделий, их архитектурной выразительностью и экологической безопасностью делают керамические клинкерные изделия востребованными.

Целью исследований является синтез керамических плотносспекшихся масс для получения клинкерного кирпича, архитектурно-строительных изделий и клинкерных плиток на основе поликомпонентной сырьевой смеси, включающей наряду с глинистой составляющей гранитоидных отсевов – отходов камнедробления гранитов Микашевичского месторождения Брестской области, образующиеся в значительных количествах на РУП «Гранит».

Отсевы камнедробления, используемые в исследованиях, характеризуются следующим усредненным гранулометрическим составом (остатки на ситах в %\*): № 09 – 3,2; № 063 – 7,2; № 025 – 2,8; № 01 – 26,2, прошедших через сито № 01 – 40,6. Главными породообразующими минералами гранитоидов, используемых в работе, являются плагиоклазы (олигоклаз – андезит), щелочные полевые шпаты, кварц. В небольших количествах присутствуют каолинит и биотит, а также единичные зерна эпидота и амфибола.

Использование мелкозернистых отходов камнедробления предполагает выполнение ими роли отощителя на первоначальном этапе процесса обжига, а при повышении температуры свыше 1000 °С – роль плавня, обеспечивая в сочетании с глинистыми компонентами формирование потребного количества жидкой фазы для обеспечения плотносспекшегося

---

\* Здесь и далее по тексту приведено массовое содержание (мас. %).

черепка изделий. Интервал варьирования составляющих компонентов массы серии 1 составил 5 %.

В качестве основной глинистой составляющей использовалось в основном глинистое сырье Республики Беларусь: глина тугоплавкая месторождения «Городное» Брестской области, суглинки месторождения «Фаниполь» Минской области [1].

В процессе исследований разработаны составы масс и технологические режимы для получения клинкерного кирпича и архитектурных элементов методом пластического формования (серия 1) и клинкерной плитки и архитектурные облицовочные детали методом полусухого прессования из пресс-порошков (серия 2).

Керамические массы серии 1 включали следующие компоненты, %: гранитоидные отсеvy фракции менее 1,0 мм в количестве 20–40; глина месторождения «Городное» – 5–20; суглинок месторождения «Фаниполь» – 40–55.

В качестве добавки, составляющей 10 %, обеспечивающей повышение технологических свойств синтезируемых масс использовалась легкоплавкая глина месторождения «Большая Карповка» марки БК-0 (Курская область, Россия).

Все сырьевые материалы масс измельчались до прохождения через сито № 1 (51 отв./см<sup>2</sup>). Увлажненная до 17–19 % формовочная масса подвергалась вылеживанию в течение 7 суток, а затем после тщательного промина, формовали образцы для исследований. Сушка их велась при температуре 105–110 °С. Обжиг проводили в интервале температур 1050–1170 °С с выдержкой в течении 1,5–2,0 ч. Продолжительность обжига составляла 28 ч.

Результаты исследований физико-химических свойств керамических образцов показали, что требуемый уровень свойств, согласно нормативно-технической документации, обеспечивается при температуре обжига 1070–1170 °С.

Расчетами химического состава установлено, что область оптимальных составов масс отвечает следующему содержанию оксидов, %: SiO<sub>2</sub> – 63,1–67,8; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15,2–17,8; сумма оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O + CaO + MgO) – 5,5–6,5 и сумма TiO<sub>2</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,2–7,1. Указанные соотношения оксидов обеспечивают формирование плотносспекшейся структуры клинкерного кирпича.

Данная область составов отвечает требуемому уровню физико-химических свойств образцов, а интервал содержания компонентов близок к исследованиям, известным по литературе [2].

Показатели физико-химических свойств оптимальных образцов клинкерных изделий приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Показатели физико-химических свойств клинкерных изделий оптимальных составов**

Наименование показателей	Значения физико-химических свойств образцов	
	клинкерный кирпич и архитектурные изделия	клинкерная плитка и архитектурные изделия
Температурный интервал обжига, °С	1070–1170	1175–1180
Выдержка при максимальной температуре обжига, мин	120	46–51
Усадка общая, %	5,1–7,5	5,3–6,4
Механическая прочность, МПа: при сжатии при изгибе	76–126 9,4–15,0	– 52–54
Морозостойкость, циклы	150–175	150–165
Водопоглощение, %	3,6–7,2	0,16–0,19
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	(2,18–2,6) · 10 <sup>3</sup>	(2,14–2,20) · 10 <sup>3</sup>
Открытая пористость, %	6,8–16,5	0,35–0,42
Истираемость, г/см <sup>2</sup>	0,2–0,5	0,04–0,07
Удельная эффективность естественных радионуклидов, Бк/кг	170–203	150–170
ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7 \text{ К}^{-1}$	–	(78,1–78,6)
Содержание гранитоидных отсевов в оптимальной области составов, %	35–40	40–42

Рентгенофазовым анализом образцов серии 1 установлено наличие кристаллических фаз муллита, анортита, гематита и  $\alpha$ -кварца. Серия 2 керамических масс для изготовления клинкерной плитки и архитектурных деталей методом полусухого прессования включала, мас. %: гранитоидные отсевы, вводимые в количестве 29–41; суглинки месторождения «Фаниполь» – 39–51; глина месторождения «Городное» – 10; песок кварцевый Гомельского ГОКа – 4–16.

Шаг варьирования компонентов составил 2 %.

Приготовление керамических масс производилось методом мокрого помола при влажности суспензии 36–38 % в шаровой лабораторной мельнице до остатка на сите № 0063 в количестве 2,1–2,3 %. Обезвоживание масс производилось методом сушки шликера при температуре 105–110 °С с последующим измельчением для обеспечения требуемого гранулометрического состава (массовые остатки на ситах с сеткой), %: № 1 – от 0 до 3; № 05 – от 15 до 30; № 0315 – от 33 до 43; № 025 – от 11 до 21; № 016 – от 10 до 20; № 0125 – от 2 до 6; менее № 0125 – от 2 до 6.

Полученный порошок увлажняли до влагосодержания 4–6 %, и подвергали вылеживанию в течении 7 суток. Прессование образцов осуществляли при давлении: 1-я стадия – 7–8 МПа; 2-ая – 25–33 МПа. Сушку образцов вели при температуре 105–110°C. Обжиг образцов производили в промышленной печи типа FMS 2500/128 при температуре 1175–1180°C в течении 46–51 мин.

Фазовый состав синтезированных образцов оптимальной области составов включает муллит, кварц и анортит. Присутствие вышеуказанных кристаллических фаз в структуре клинкерных плиток при одновременно высоком содержании стекловидной фазы способствует повышению механической прочности образцов и формированию плотного однородного керамического черепка.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена возможность использования гранитоидных отсеков для получения клинкерных изделий в количестве 35–42 %.

#### Литература

1. Левицкий И.А., Хоружик О.Н. Исследование процессов спекания в поликомпонентной сырьевой смеси на основе минерального сырья Республики Беларусь // Труды БГТУ. Серия 2. – 2018. – № 2. – С. 140–145.

2. Коледа В.В., Михайлюта Е.С., Алексеев Е.В., Цыбулько Э.С. Технологические особенности производства клинкерного кирпича // Стекло и керамика. – 2009. – № 4. – С. 17–20.

УДК 622:553.97

**Лиштван И.И.<sup>1</sup>, Цыганов А.Р.<sup>2</sup>, Томсон А.Э.<sup>1</sup>,  
Макаренко Т.И.<sup>1</sup>, Лис Л.С.<sup>1</sup>, Кунцевич В.Б.<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», <sup>2</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск)

#### **ЗАДАЧИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

---

Среди большого разнообразия природных ресурсов торф по составу и наличию различных классов органических соединений (гуминовых веществ, углеводов, битумов) представляет большую ценность для химической и биохимической промышленности, сельского хозяйства, медицины, строительства и ряда других отраслей. Состав и свойства

торфа определяются природно-генетическими условиями формирования и мало изменяются в естественном залегании.

В настоящее время к торфяной тематике возвращаются как государственные, так и частные компании. Их основные интересы связаны с оценкой торфяных ресурсов, в целях их рационального использования, включая их сохранение; получение новых видов традиционного и альтернативного топлива (твердых, газообразных и жидких); получение продукции многоцелевого назначения для сохранения здоровья людей и животных, защиты окружающей среды, в целях очистки стоков и выбросов, рекультивации и восстановления торфяной залежи после ее нарушения. Важно бизнес-планирование при проектировании торфодобывающих и торфоперерабатывающих предприятий, включая оценку экологических и инвестиционных рисков.

Традиционное использование торфа в энергетике и для нужд сельского хозяйства не предъявляло особых требований к его составу и свойствам, ограничения касались только степени разложения, зольности и кислотности, однако такое потребление торфа является нерациональным, так как требует организации крупнотоннажной добычи, здесь нет учета потенциальных возможностей этого уникального природного образования. Новые задачи современности состоят в существенном повышении эффективности его использования. Как показывают расчеты [1], с расширением областей применения торфа, с разработкой новых безотходных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих комплексную переработку и селективную добычу сырья заданного качества, снижаются сроки окупаемости капиталовложений для таких производств, увеличивается фондоотдача. Увеличение ассортимента товаров на основе торфа приведет и к частичному импортозамещению, что положительно влияет на экономику страны.

Среди продукции и материалов комплексного освоения торфяных ресурсов следует выделить широкий набор продукции сельскохозяйственного использования. Наравне с традиционными органоминеральными удобрениями в настоящее время разработано много рецептур мелиорантов и питательных грунтов, дифференцированных по различной сельскохозяйственной продукции или различным типам и состоянию почв. Для улучшения использования минеральных удобрений хорошие результаты продемонстрированы комплексными гранулированными удобрениями пролонгированного действия. Применение гуминовых препаратов совместно с фунгицидами, гербицидами, инсектицидами и минеральными удобрениями за счет существенного снижения доз последних (на 30–50 %) вносят огромный вклад в охрану окружающей среды. Разработаны кормовые добавки и консерванты кормов. Нашли

применение подстилочные и упаковочные материалы на основе торфа, которые в последнее время существенно модернизированы в направлении улучшения потребительских свойств. [2].

Важное значение в улучшении плодородия сельскохозяйственных земель, в повышении содержания в них гумуса принадлежит торфонавозным компостам, которые в прежние годы широко вносились в почвы. Эту практику следует в настоящее время возобновить и расширить.

Важное значение, в том числе и в импортозамещении, имеют сорбционные материалы, производство которых сдвигается с мертвой точки [3]. Разработанные нефте-газопоглащающие сорбенты на основе торфа найдут широкое применение в очистке загрязненных территорий и в птицеводстве. Как показала практика прошедших лет, использование красителей для древесины, текстиля и кожи, а также ингибиторов коррозии, основанных на торфяном сырье, приносило хорошие экономические показатели, что свидетельствует о настоящей необходимости возобновить такие производства.

Важную роль в ряде отраслей в прошедшие годы сыграла продукция термохимической переработки торфа. В первую очередь здесь следует отметить получение активированных углей, расширяющееся использование которых в настоящее время осуществляется только за счет импорта.

Известно, что как традиционные направления использования торфа, так и новые, связанные с комплексным освоением торфяных месторождений, требуют обоснованного выбора сырьевых баз. Рациональное использование торфяных ресурсов подразумевает установление потенциальной ценности с использованием современных методов исследования структуры и свойств этого ценного и уникального природного ресурса.

Для выбора месторождений в качестве новых сырьевых баз действующих торфопредприятий, при планировании производственной деятельности организаций ГПО «Белтопгаз» на перспективу, для определения возможности расширения номенклатуры выпускаемой организациями торфяной промышленности продукции издан справочник перспективных для комплексного использования торфяных месторождений по всем административным районам республики, где представлены возможные сырьевые базы для получения широкого спектра продукции для нужд сельского хозяйства, энергетики, медицины, косметологии, а также различной продукции для защиты окружающей среды [4]. Таких месторождений целиком либо их частей 176 с запасами 167 млн т. Максимальное количество запасов приходится на органико-минеральные удобрения и для топливных целей. При этом необходимо иметь в виду, что производства по комплексной глубокой переработке торфа относятся

в основном к малотоннажным и безотходным, что обеспечивает перспективность в дальнейшем.

Однако выбор первоочередных и перспективных сырьевых баз для производств комплексной глубокой переработки торфа в новую наукоемкую продукцию достаточно сложный и трудоемкий процесс предварительной проработки. Сложность его состоит в том, что при выборе необходимо учесть большой комплекс параметров и показателей, относящихся как к территории расположения планируемого производства, так и к самому торфяному месторождению, выбираемому в качестве сырьевой базы. В первую очередь необходимо получить потребность региона в планируемой продукции, а также наличие производственной инфраструктуры и транспортной сети, наличие рабочей силы. По обследуемому объекту – торфяной залежи в первую очередь необходимо изучить характеристики пригодности сырья к планируемой продукции (тип, вид, ботанический состав, степень разложения, зольность, пнистость, запасы). В ряде случаев дополнительно требуется определить теплотворную способность, кислотность, компонентный состав, содержание окислов металлов. Кроме того необходимо оценить гидрологические условия залежи, определяющие трудозатраты на подготовку ее к добыче торфа, а также уровень изученности объекта (полноту данных геологической разведки). Важными представляется оценка логистического и маркетингового показателей анализируемого объекта, которые во многом будут определять технико-экономические показатели планируемой продукции. В проведении выборочных мероприятий в настоящее время нужно обязательно оценить экологические императивы организации производства и в первую очередь оценки степень воздействия этого производства на окружающую среду. Сложность процесса выбора заключается в том, что перечисленные характеристики и параметры имеют различную размерность. Поэтому в данном случае требуется получить обобщенные показатели, которые преобразуют натуральные показатели в цифровую безразмерную величину. Одним из наиболее удобных способов такого преобразования является использование обобщенной функции желательности Харрингтона. Чтобы получить шкалу желательности, удобно пользоваться разработанными готовыми таблицами соответствий между отношениями предпочтительности в эмпирической и числовой системах.

В докладе приведен пример выбора первоочередного торфяного месторождения из трех пригодных для производства торфяного сорбента и показан результат снижения трудозатрат такого метода выбора в сравнении с традиционным экономическим расчетом.

## Литература

1. Гаврильчик А.П., Лис Л.С., Унукович А.В., Макаренко Т.И. Оценка экономической эффективности комплексного освоения торфяных ресурсов // *Новости науки и технологии*. 2011. № 2. С. 28–33.
2. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки. – Минск, 2009.
3. Томсон А.Э., Соколова Н.Е., Соколова Т.В. и др. Физико-химические и структурные свойства композиционных сорбционных материалов на основе торфа и минеральных составляющих // *Природопользование*. 2004. Выпуск 10. С. 157–170.
4. Торфяные месторождения Республики Беларусь, пригодные для комплексного освоения на ближайшую и отдаленную перспективу. – Минск: «Беларуская навука», 2013. – с. 114.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – Москва: «Наука», 1976.

УДК 544.726.2; 621.039.735

**Москальчук Л.Н., Леонтьева Т.Г.,  
Баклай А.А., Маковская Н.А.**

(УО «Белорусский государственный технологический университет», Научное учреждение «ОИЭЯИ – Сосны», г. Минск)

### **НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ СОРБЕНТЫ РАДИОНУКЛИДОВ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТО-СОЛЕВЫХ ШЛАМОВ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

---

Для извлечения радионуклидов из водных сред проводится поиск, разработка новых и модификация используемых на практике сорбционных материалов, что связано с увеличением радиоактивных загрязнений окружающей среды в результате крупных радиационных аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-Даичи-1». Для очистки водных сред от радионуклидов наиболее часто применяются методы, основанные на соосаждении и сорбции. В процессах очистки водных сред от радиоактивных загрязнений зачастую используются природные алюмосиликаты (цеолиты, глины и т. д.) [1]. Слоистые глинистые минералы очень сильно различаются своими сорбционными свойствами. Наиболее высокими обменно-адсорбционными свойствами обладают высокодисперсные глинистые минералы с размером частиц менее 1 мкм.



В результате ранее проведенных исследований [2, 3] установлено, что глинисто-солевые шламы являются вторичным минеральным ресурсом для получения сорбентов радионуклидов. Глинисто-солевые шламы (ГСШ) – крупнотоннажные отходы калийного производства ОАО «Беларуськалий» (г. Солигорск), образующиеся в процессе переработки запасов сильвинитовой руды. В настоящее время объем накопленных в шламохранилищах данного предприятия ГСШ превышает 119 млн. тонн. Основным минералом, входящим в состав глинисто-солевых шламов [2], является иллит, который и определяет высокую селективную сорбцию  $^{137}\text{Cs}$ .

Цель данной работы – оценка эффективности извлечения радиоцезия из водных сред алюмосиликатным сорбентом, полученным на основе промышленных отходов ОАО «Беларуськалий».

В исследованиях использовался образец алюмосиликатного сорбента (АС), полученный из глинисто-солевого шлама, отобранного из шламохранилища 3-го рудоуправления ОАО «Беларуськалий», путем кислотно-водной обработки. Кислотная модификация образца ГСШ направлена на увеличение числа высокоселективных сорбционных центров в АС в основном за счет повышения содержания иллита и снижения содержания доломита, так как именно иллит определяет селективную сорбцию следовых количеств цезия в краевой клиновидной области межпакетных пространств его кристаллической решетки.

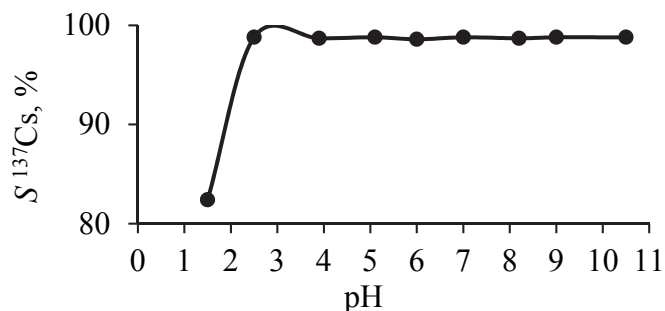
Исследование физико-химических свойств полученного образца АС показало, что значение рН водной вытяжки составляет 5.4, емкость катионного обмена –  $300 \pm 20$  мэкв/кг, удельная поверхность –  $66 \pm 3$  м<sup>2</sup>/г. Согласно данным рентгенофазового анализа образец АС содержит в своем составе иллит, калиевый полевой шпат и кварц в количестве 65.2, 27.8 и 8.0 мас. % соответственно. По данным гранулометрического анализа содержание фракции с размером менее 10 мкм в образце АС составляет 87.3 мас. %, что позволяет отнести данный сорбент к высокодисперсной группе глинистых материалов.

Изучение скорости сорбционного процесса  $^{137}\text{Cs}$  (рисунок 1) показало, что наиболее быстро сорбция  $^{137}\text{Cs}$  протекает в начальный период времени (30 мин), чему соответствует резкий подъем кривой. Затем темп резко снижается, и кривая выходит на уровень максимальной сорбции. Установлено, что эффективное время достижения максимальной степени сорбции  $^{137}\text{Cs}$  ( $S = 98.9$  %) не превышает 1 ч, после чего наступает равновесие и содержание  $^{137}\text{Cs}$  в растворе не изменяется.



**Рисунок 1 – Влияние времени на степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  из водного раствора**

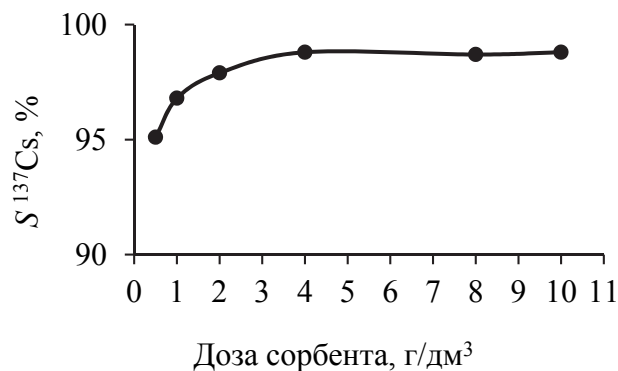
Значение pH водного раствора является одним из важных параметров, влияющих на степень сорбции радионуклидов. Степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  ( $S$ , %) в диапазоне pH = 4–10 практически не изменяется (рисунок 2). Максимальная степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  из водного раствора на образце АС наблюдается в диапазоне pH = 2.5–10.5 и составляет 98.8 %, а коэффициент распределения  $^{137}\text{Cs}$  ( $K_d$ ) в данном диапазоне равен  $2 \cdot 10^4$  см<sup>3</sup>/г.



**Рисунок 2 – Влияние pH раствора на степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  образцом АС**

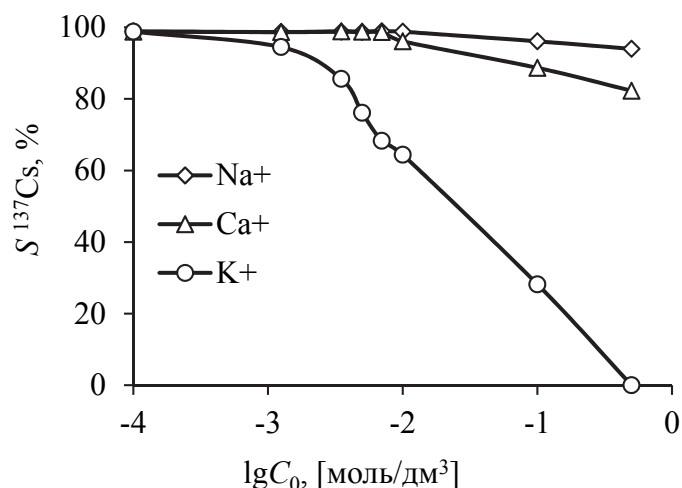
Доза сорбента также является одним из важных параметров, который необходимо учитывать при выборе оптимальных условий сорбции радионуклидов, так как это влияет на стоимость процесса очистки водных сред. Для оценки эффективности извлечения  $^{137}\text{Cs}$  из водных растворов исследована сорбция  $^{137}\text{Cs}$  образцом АС при дозе от 0.5 до 10 г/дм<sup>3</sup> и продолжительности сорбции 1 ч (рисунок 3).

Установлено, что при дозе образца АС равной 1 г/дм<sup>3</sup> степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  из водного раствора составляет 96.8 %. Дальнейшее увеличение дозы сорбента приводит к незначительному ее росту, а при количестве 4 г/дм<sup>3</sup> и более степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  практически не зависит от дозы. Таким образом, степень сорбции  $^{137}\text{Cs}$  из водного раствора составляет около 98.8% при дозе сорбента 4 г·дм<sup>-3</sup>, pH = 6.5 и продолжительности сорбции  $^{137}\text{Cs}$  в течение 1 ч.



**Рисунок 3 – Влияние дозы сорбента на степень сорбции <sup>137</sup>Cs из раствора**

Для оценки селективности образца АС по отношению к <sup>137</sup>Cs исследовано влияние концентраций присутствующих в водных средах конкурирующих катионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> на сорбционное извлечение <sup>137</sup>Cs из водных растворов (рисунок 4). Наиболее существенное влияние на сорбцию <sup>137</sup>Cs образцом АС оказывает присутствие в водном растворе катиона K<sup>+</sup>, особенно при его высоких концентрациях. Образец АС селективно сорбирует <sup>137</sup>Cs из водного раствора при концентрации K<sup>+</sup> менее 1 ммоль/дм³. При концентрации K<sup>+</sup> в растворе выше 5 ммоль/дм³ наблюдается значительное снижение степени сорбции <sup>137</sup>Cs. Катионы Na<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> в широком диапазоне концентраций (до 0.5 моль/дм³) незначительно снижают степень сорбции <sup>137</sup>Cs в интервале от 98.8 до 94.1% и от 98.8 до 82.7% соответственно.



**Рисунок 4 – Влияние концентрации катионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> на сорбцию <sup>137</sup>Cs**

Результаты проведенных исследований показывают, что алюмосиликатный сорбент на основе глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий», является достаточно эффективным для извлечения  $^{137}\text{Cs}$  из водных сред. Перспективным направлением его практического применения может стать очистка жидких радиоактивных отходов и природных вод от  $^{137}\text{Cs}$ , а также реабилитация радиоактивно загрязненных территорий, направленная на дезактивацию почвенных растворов для снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные растения.

#### Литература

1. Рябчиков, Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи Принт, 2008. – 516 с.
2. Леонтьева, Т.Г. Перспективы использования глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий» для очистки водных сред и экосистем от радиоцезия / Т.Г. Леонтьева, Л.Н. Москальчук, А.А. Баклай // Труды БГТУ. – 2016. – № 3: Химия и технология неорганич. в-в. – С. 74–80.
3. Fuks, L. Clay-salt slimes from the JSC “Belaruskali” as potential engineering barriers in the radioactive waste repositories: sorption of Cs(I), Sr(II), Eu(III) and Am(III) / L. Fuks, I. Herdzik-Koniecko, L. Maskalchuk, T. Leontieva // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2018. – Vol. 15. Issue 10. – P. 2047–2058. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1597-3>.

УДК 502/504

**Панасюгин А.С.<sup>1</sup>, Цыганов А.Р.<sup>2</sup>, Машерова Н.П.<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск)

### ПРИМЕНЕНИЕ ШУНГИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

---

Вода – это необходимое сырье для производства и в то же время часть окружающей нас природой среды. Ее рациональное использование – одна из составляющих нормального функционирования народного хозяйства. В условиях непрерывного развития промышленности, сельского хозяйства и автотранспорта, роста уровня жизни людей увеличиваются объемы водопотребления, водоотведения и потребность населения и производства в высококачественной воде. Приходится вовлекать в водопользование источники, состав воды которых требует более сложных методов очистки, чем традиционные. Одновременно

условия охраны окружающей среды требуют более глубокой очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы. Все это вынуждает проводить многоступенчатую очистку природных и сточных вод, повторно и многократно использовать воду, удаляя ее специфические загрязнения и смеси веществ.

Одними из наиболее эффективных и быстро развивающихся способов очистки воды являются физико-химические. Физико-химическая очистка основана на взаимодействии примесей воды с реагентами и материалами, в результате, которого эти примеси выделяются в иную фазу, деструктируют до безопасных: продуктов или претерпевают иные превращения. Традиционно к физико-химическим методам относят процессы с использованием химических реагентов (окислителей, восстановителей), нейтрализующих веществ, коагулянтов и флокулянтов, углеродных и минеральных сорбентов, ионообменных материалов (ионообменных смол), а также электрохимических и электрокоагуляционных способов обработки вод различного происхождения. К этим же методам относятся и мембранные процессы. Физико-химические методы широко используются в отечественной и мировой практике очистки воды там, где механические и биохимические методы неработоспособны [1-3].

Из физико-химических методов в настоящее время получают все большее распространение, получает сорбционная очистка воды с использованием активированных углей и минеральных сорбентов, которые позволяют обеспечить высокую эффективность очистки от отсутствия вторичных загрязнений. При сорбционной очистке из водных растворов адсорбируется подавляющее большинство органических соединений и многих неорганических соединений практически до любых остаточных концентраций и без относительности к их биохимической токсичности и химической устойчивости. Эти свойства сорбционной очистки особенно важны и ценны при создании замкнутых систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий. При этом решающим фактором в пользу сорбционного этапа обработки воды является то, что изъятие загрязняющих примесей не сопровождается внесением в воду каких-либо полупродуктов разложения органических примесей или солей. Большое число научных работ, выполненных в области сорбционной очистки воды, позволило определить основные направления и место сорбционного процесса среди традиционных и новых методов очистки воды. Однако, несмотря на многочисленные научные разработки, пока еще отсутствуют полная теория сорбционной очистки воды и возможность достаточно точного прогноза поведения сорбционных систем. Поэтому расчет сорбционной аппаратуры ведется

на основе обязательных экспериментальных научных работ. Основные научные работы осуществляются на модельных растворах, при этом достаточно изучены теоретические аспекты масштабного перехода, гидродинамики и массообмена. В качестве модельных веществ для экспериментов выбираются малорастворимые и хорошо определяемые соединения. Высокая стоимость и острый дефицит активированных углей (как сорбентов) вынуждает заменять их более доступными и дешевыми материалами, в частности, шунгитовыми породами с большим содержанием углерода (графита). В то же время известно, что активированные угли малоэффективны при извлечении многих полярных веществ, гидратированных ионов и соединений. В связи с этим существует и успешно развивается самостоятельное направление в очистке природных и сточных вод, основанное на применении дешевых минеральных и углеродсодержащих сорбционных материалов. По мере роста числа потребителей и объемов использования нефти и нефтепродуктов, очистка вода от этих веществ выделилась в самостоятельную задачу. В решении данной проблемы сорбентам отводится решающая роль. В качестве минеральных сорбентов в основном применяются глинистые минералы: бентониты, монтмориллониты, перлиты и другие. Проведенные исследования показали, что минеральные сорбенты эффективно извлекают из сточных вод флотореагенты, диметилфталаты (до 90%), нефтепродукты (до 98%) и др.

Вместе с тем при содержании тяжелых нефтепродуктов (дизтоплива, индустриальных масел, мазута и др.) в очищаемой воде порядка 25,0-60,0 мг/л и выше использование сорбентов не всегда экономически целесообразно, поскольку основная масса данного вида нефтепродуктов находится в не растворенном виде, а представляет собой мелкодисперсную суспензию типа «вода–масло».

В процессе предварительных исследований было установлено, что при очистке сточных вод от тяжелых нефтепродуктов сорбционными материалами реально их емкость реализуется не более чем на 10-20 %. Затраты на регенерацию достаточно высоки и после трех-пяти циклов адсорбция-регенерация практически равняются стоимости нового сорбента. Помимо этого сама эффективность регенерации вызывает сомнения в целесообразности ее проведения, так как при каждом цикле регенерации происходит восстановление не более 80 % сорбционной емкости относительно емкости свежего сорбента.

Исходя из вышеизложенного, представляется интересным изучить альтернативные методы извлечения нефтепродуктов из сточных вод. Одним из таких методов является использование фильтров на основе полупроницаемых мембран с последующей сорбционной доочисткой на модифицированном шунгите [4,5].

Целью данного исследования являлось изучение эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов, определение оптимальных режимов фильтрации на мембранных фильтрах с последующей сорбционной доочисткой на модифицированном шунгите.

Схема установки, на которой проводилось изучение эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов и определение оптимальных режимов, представлена на рисунке 1.

Модельные растворы, имитирующие загрязненные нефтепродуктами сточные воды, готовили путем диспергирования в водопроводной воде рассчитанного количества индустриального масла марки А20. Количество масла подбирали таким образом, чтобы его концентрация составляла 55-60 мг/л. Скорость фильтрации в ходе эксперимента варьировали в пределах 5-25 колоночных объемов в час. Количественный и качественный состав нефтепродуктов, содержащихся исходных водных растворах и на выходе из фильтра определяли методом газовой хроматографии с твердотельной микро-экстракцией. Эффективность извлечения нефтепродуктов рассчитывали по следующей формуле:

$$S = (C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{исх}} \times 100\%$$

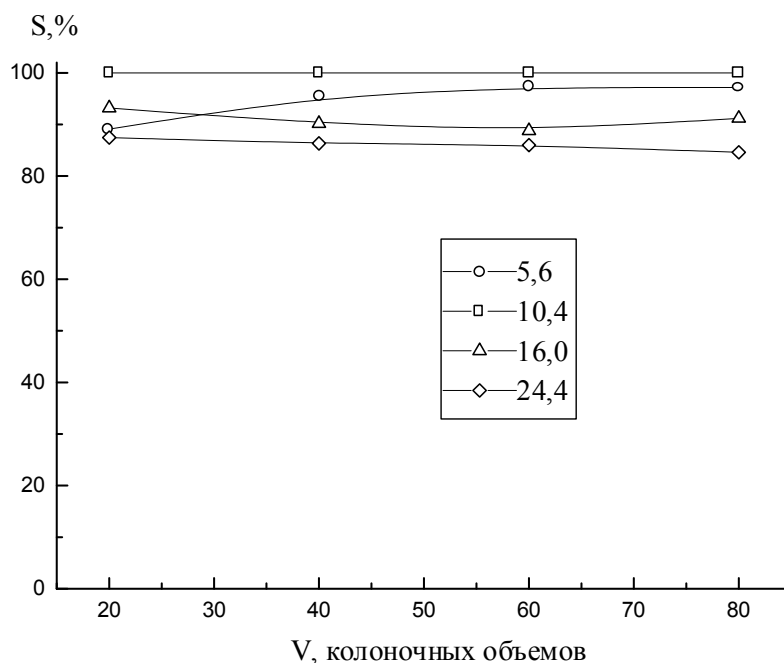
где,  $C_{\text{исх}}$  – содержание нефтепродуктов поступающих на очистку, мг/л;  $C_{\text{кон}}$  – содержание нефтепродуктов на выходе из мембранных фильтров, мг/л.

Исходный фазовый состав индустриального масла марки А20 определяли на хроматомассе НР 5972. В своем составе он содержал соединения следующих классов: предельные углеводороды и их изомеры ( $C_{17}$ - $C_{40}$ ), высокомолекулярные спирты ( $C_7$ - $C_{11}$ ), аминоспирты ( $C_8$ - $C_9$ ) и незначительное количество присадок (в основном 2,5-диметокси-4-метилсульфонил – амин).

Проведенные исследования позволили установить, что фильтрующий элемент, изготовленный на основе гидрофобизованной мембраны и модифицированного шунгита, проявляет высокие показатели улавливания нефтепродуктов при различных скоростях фильтрации (5,0-25,0 колоночных объемов в час). Эффективность извлечения нефтепродуктов во всем исследованном диапазоне скоростей фильтрации была в пределах 85,0-99,8 % рисунок 1. Некоторый разброс полученных значений связан в основном с тем фактом, что при добавлении очередной порции модельного раствора с нефтепродуктами возникали скачки гидравлического напора. В тоже время, некоторое снижение, а затем повышение эффективности задержания нефтепродуктов обусловлено протеканием двух встречных процессов. На первом этапе с ростом скорости фильтрации происходит незначительное продавливание через

мембрану вновь поступающими порциями воды ранее задержанных нефтепродуктов находящихся в виде мелкодисперсной суспензии. В дальнейшем, по мере сужения пор мембраны за счет осаждения на ее поверхности все большего количества нефтепродуктов растет эффективность их задерживания. В установившемся режиме фильтрации после полупроницаемой мембраны на модифицированный шунгит попадают в основном растворенные в воде нефтепродукты, которые в первом приближении можно отнести к истинным растворам при этом содержание растворенных нефтепродуктов находится в пределах 0,9-1,1 мг/л.

Из представленных данных видно, что эффективность извлечения нефтепродуктов во всем исследованном диапазоне скоростей фильтрации была в пределах 89,0-99,8 %. Несмотря на высокие показатели скорости фильтрации полученные на дистиллированной воде до 150 колоночных объемов в час, при пропускании модельных растворов полученных на основе водопроводной воды скорость фильтрации не удастся повысить выше 25 колоночных объемов в час. Это связано с тем, что содержатся в очищаемой воде ионы железа (0,1-1,5 мг/л). При прохождении 800 – 5000 колоночных объемов наблюдается резкое падение пропускной способности фильтра до ее полной кальматации. Данное обстоятельство обусловлено тем, что поверхность фильтра помимо задержки нефтепродуктов эффективно концентрирует ионы железа находящиеся в воде на основе, которой готовились модельные растворы.



**Рисунок 1 – Зависимость эффективности извлечения нефтепродуктов от скорости фильтрации**



Таким образом, установлено, что эффективность извлечения нефтепродуктов на мембранных фильтрах с шунгитовой загрузкой при скорости фильтрации 5 – 25 колоночных объемов в час составляет не менее 85,0-99,8 %.

#### Литература

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды.-Л.:Химия, 1982.-168 с.
2. Лобанова Г.А., Абрамова В.В. Применение модифицированных углей для очистки сточных вод // Химия и технология топлив и масел. – 1985.-№12.-С.32-33.
3. Терновцев В.Е., Пухачев В.М. Очистка промышленных сточных вод.-Киев:Будивельник, 1986.-118с.
4. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды.-Л.:Стройиздат,1985.-120с.
5. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев : Наукова думка, 1981.-207с.

УДК 004.9

**Плескунов И.В.**

(ООО «Евразийская горно-геологическая группа», г. Москва)

### О РАЗРАБОТКЕ РЕЕСТРА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

---

Текущая ситуация в области цифровой трансформации горной промышленности характеризуется следующими особенностями: развитие инициатив интеграционных объединений и отраслевых ассоциаций по стандартизации цифровых технологий; кроссотраслевой характер цифровой трансформации, затрагивающий все отрасли промышленности и предусматривающий разработку сквозных пакетных технологий; рост конкуренции и протекционизма, в том числе в цифровой сфере.

В Европейском союзе принята и реализуется Стратегия единого цифрового рынка (EU Digital Single Market Strategy), предусматривающая поддержку развития 5 ключевых направлений:

- кибербезопасность;
- облачные вычисления;
- интернет вещей;
- 5G;
- большие данные.

Развитие указанных выше направлений должно стать основой для цифровой трансформации 4 ключевых отраслей:

- умная энергетика;
- передовое производство;
- электронная медицина;
- умные транспортные системы.

Помимо общеевропейской стратегии на национальном уровне реализуется множество инициатив по цифровой трансформации национальных экономик.

В АСЕАН создана Система управления цифровыми данными АСЕАН (ASEAN Framework on Digital Data Governance), уделяющая основное внимание вопросам управления информационными потоками. В АСЕАН в области цифровой трансформации реализуется 4 приоритетных инициативы: схема классификации данных АСЕАН; механизм трансграничного потока данных АСЕАН; форум цифровых инноваций АСЕАН; форум защиты информации и персональных данных АСЕАН.

Решением Евразийского межправительственного совета на уровне глав правительств от 8 сентября 2015 г. № 9 «Об основных направлениях промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза» (далее – ОНПС) определено создание условий для цифровой трансформации промышленности в государствах-членах и формирования единого цифрового пространства промышленности.

В соответствии с данным документом Решением Совета ЕЭК от 17 марта 2016 г. № 17 утвержден План разработки актов и мероприятий по реализации ОНПС (далее – План), предусматривающий 3 этапа:

- 2017 г.: анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств-членов;
- 2017–2018 гг.: разработка концепции создания условий для цифровой трансформации промышленности государств-членов и формирования единого цифрового промышленного пространства Союза;
- 2019 г.: реализация 3-5 пилотных проектов в цифровой повестке промышленности с помощью следующих инструментов:
  - разработка и запуск цифровых платформ, в т. ч. в рамках создания интегрированной информационной системы ЕАЭС;
  - создание баз данных и информационных ресурсов;
  - создание цифровых сетей и центров;
  - разработка и принятие национальных и межгосударственных стандартов;
  - разработка справочников, каталогов программного обеспечения и принятие их на уровне актов Союза;

– принятие актов Союза, регулирующих сферу деятельности ИСТ, интернет-экономики и разработки программного обеспечения.

В информационно-аналитическом отчете, подготовленном по итогам первого этапа, предложен перечень пилотных проектов, который должен быть реализован в рамках третьего этапа:

- цифровая фабрика (завод) (умная фабрика, виртуальная фабрика),
- цифровой город (умный город),
- цифровая дорога и цифровой транспорт (умная дорога и умный транспорт),
- умный дом (здание) и умные товары,
- цифровой (умный) карьер и месторождение.

По итогам второго этапа Советом ЕЭК утверждена Рекомендация № 1 от 5 декабря 2018 года «О Концепции создания условий для цифровой трансформации промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза и цифровой трансформации промышленности государств – членов Союза», определившая следующие основные задачи цифровой трансформации промышленного сотрудничества и цифровой трансформации промышленности:

- создание информационных ресурсов и механизмов, способствующих развитию промышленного сотрудничества и промышленной кооперации в рамках Союза;
- содействие цифровизации отраслей промышленности, производственных, управленческих и обеспечивающих процессов;
- поддержка применения цифровых платформ в отраслях промышленности, повышение производительности труда и эффективности использования производственных ресурсов за счет автоматизации производственных процессов;
- повышение уровня производственной безопасности посредством применения информационных систем, цифровых платформ в производственных процессах;
- формирование перспективной структуры промышленности на новых организационных принципах и современной технологической базе;
- формирование системы инструментов цифровой трансформации промышленности.

Помимо интеграционных объединений координацией цифровых инициатив занимаются также отраслевые ассоциации. В настоящее время действует более 600 стандартов в сфере информационно-коммуникационных технологий и ежегодно продолжают появляться новые. Для стимулирования развития стандартизации и координации усилий в данной сфере появляются обзорные карты стандартов по отдельным

отраслям и приоритетным направлениям. Так, Альянсом за инновации интернета вещей (AIOTI) разработана Обзорная карта цифровых стандартов (AIOTI WG3), группирующая существующие цифровые стандарты по 2 осям (B2B и B2C) и 7 направлениям:

- здания / строительство,
- производство / автоматизация,
- транспортные системы,
- медицина,
- энергетика,
- города,
- носимые устройства.

Развитие цифровых технологий в отдельных отраслях промышленности происходит не изолированно. Обзор существующих инициатив в данной сфере показывает, что повсеместно в качестве ключевого рассматривается примерно один и тот же набор технологических решений (большие данные, 5G, аддитивные технологии и проч.), составляющий современную технологическую платформу развивающейся цифровой революции, подобно тому, как паровой двигатель был технологической основой первой промышленной революции.

Трансформирующий эффект производит именно сочетание критических технологий. В перспективе 10-15 лет возможно появление нового критического стека технологий, способного привести к взрывной трансформации традиционных отраслей.

Интегрированное использование технологий в виде типовых решений («умный дом», «умный город», «цифровая фабрика», «цифровой карьер») может стимулироваться регуляторами и стандартизацией.

Понимание масштабности и значимости происходящих изменений ведет к росту глобальной технологической конкуренции, проявлением которой являются: торговые войны; санкции в отношении технологических лидеров; ограничение распространения критических технологий; гонка расходов на НИР и НИОКР в области искусственного интеллекта.

Поддержка импортозамещения в ИКТ сфере, например, в России, предусматривает: создание АНО «Центр компетенций по импортозамещению в сфере ИКТ»; ведение Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных; комплекс мероприятий по импортозамещению в радиоэлектронной промышленности РФ.

Формирование монополий в цифровой сфере (Google, Amazon, Uber, Facebook) ведет к образованию межстрановых цифровых альянсов; эффективная конкуренция возможна только на наднациональном уровне.

Сочетание описанных выше особенностей текущей ситуации требует ответа на 3 «вызова»:

1) необходимость систематизации стандартов и координации усилий по их разработке

2) необходимость использования синергии технологий комплексной сборки существующих технологических решений в единый стек; требование публичности и прозрачности

3) необходимость учета перспектив импортозамещения и формирования наднациональных цифровых платформ

В качестве возможного ответа на данные «вызовы» в области горной промышленности предлагается разработка специального реестра цифровых технологий. Цель: разработка регулярно обновляемой электронной Базы наилучших доступных технологий (НДТ) в области автоматизации горнодобывающей деятельности.

Решаемые проблемы:

- систематизация информации о быстро растущем рынке цифровых решений по автоматизации освоения месторождений твердых полезных ископаемых;

- сборка различных проектов и инициатив в единый стек технологий, доступный для тиражирования;

- стимулирование конкуренции цифровых решений;

- обзор возможностей и потенциала импортозамещения;

- развитие цифровой промышленной кооперации в ЕАЭС.

Инициатором проекта является компания ООО «Евразийская горно-геологическая группа», организатор международной дискуссионной площадки «Евразийский горно-геологический форум», созданной для обсуждения перспектив интеграции рынков полезных ископаемых в Евразии.

В качестве инфраструктуры поддержки реализации проекта планируется сотрудничество со следующими организациями: Евразийская технологическая платформа «Технологии добычи и переработки ТПИ»; «Евразийский горно-геологический форум».

Готовность принять участие в реализации проекта подтвердили ключевые поставщики цифровых решений для моделирования месторождений и горно-промышленных предприятий: Micromine, Dassault Systèmes, SightPower Inc.

Реестр цифровых технологий в горнопромышленной сфере должен разрабатываться в тесном сотрудничестве с пилотными проектами «Цифровая фабрика», «Интеллектуальный карьер», «Интеллектуальное месторождение» и рабочей группой «ТехНет» (Передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы (НТИ). При этом взаимодействие указанных выше проектов и инициатив может быть организовано с их распределением на три ключевых функциональных блока:

- сервисы поддержки цифровизации и цифровой кооперации, включая Реестр;
- пилотные демонстрационные площадки и полигоны, обеспечивающие отработку взаимодействия всего спектра технологий («Интеллектуальный карьер»);
- центры разработки передовых технологий («ТехНет»).

Первичный отбор и систематизацию технологий предлагается провести на основе скорректированной модельной архитектуры «Фабрика будущего», разработанной рабочей группой НТИ «Передовые производственные технологии».

Основными группами целевых технологий должны стать три слоя или составных части Фабрики будущего, соответствующих трем этапам технологической цепочки производства:

- 1) Цифровая фабрика
  - a. планирование продукции
  - b. проектирование продукции
  - c. управление производством
- 2) Умная фабрика
  - a. пусконаладочные работы
  - b. серийное производство
- 3) Виртуальная фабрика
  - a. эксплуатация
  - b. сервисное обслуживание

Архитектура информационного ресурса должна включать, как минимум, четыре функциональных модуля:

- библиотека технологий;
- библиотека кейсов (лучшая практика внедрения технологий);
- отраслевые данные (мониторинг применения технологий)
- журналы действий (данные по эффектам внедрения технологий во внешней среде с обратной связью).

Разработку Реестра предлагается осуществить в четыре этапа:

- 1) создание обзорной карты отраслевых решений;
- 2) формирование базы наилучших доступных технологий;
- 3) разработка и составление рейтинга цифровой зрелости предприятий;
- 4) создание цифровой экосистемы горной отрасли ЕАЭС.

В итоге создаваемый Реестр должен стать информационной системой – цифровой платформой, обеспечивающей реализацию единой промышленной политики ЕАЭС в целях обеспечения глобальной конкурентоспособности горнопромышленных предприятий стран-участниц Союза за счет их ускоренной цифровой трансформации на базе типовых пакетных решений («Интеллектуальный карьер», «Интеллектуальное месторождение»).

## СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

---

В основу производственной деятельности ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» (далее Общество) положено использование передовых достижений отечественной и зарубежной науки, а также собственных научно-технических разработок. На предприятии осуществлен весь цикл создания современной техники от научных исследований до опытно-конструкторских разработок и серийного производства, а также ведутся работы в области ресурсосберегающих технологий подземной разработки калийных месторождений.

Сложившаяся научно-производственная база Общества позволяет разрабатывать и производить широкую номенклатуру изделий для горного производства. При этом основной упор делается на повышение надежности и технологичности оборудования, снижение его веса, удобства монтажа и демонтажа в стесненных условиях горных выработок.

Для предприятий осуществляющих свою деятельность на территории Евразийского экономического пространства мы можем предложить разработку и изготовление оборудования по следующим направлениям:

- горно-шахтных машин и оборудования – проходческих и проходческо-очистных комбайнов и комплексов, машин щеленарезных и погрузочных, маслостанций передвижных;

- оборудования обогатительного – мельниц шаровых и стержневых, дробильно-сортировочных станций, сгустителей, установок сушильных, вакуум-фильтров;

- оборудования для производства гранулированных минеральных удобрений (комплексных и однокомпонентных) – смесителей (шнековых, роторных, барабанных), дробилок, растворителей, охладителей, грануляторов, прессов валковых, линий тукосмешения;

- оборудования и комплексов по перегрузке сыпучих материалов – кратцер-кранов, элеваторов, станций разгрузки сыпучих материалов из железнодорожных вагонов, складских комплексов для сыпучих продуктов, морских и речных терминалов по перегрузке сыпучих материалов;

– оборудования горной автоматики и управления – автоматических систем контроля и управления на базе микропроцессорной техники, электротехнических устройств, пневмоприводов исполнительных органов.

Использование результатов научных исследований и оригинальных опытно-конструкторских разработок позволило обеспечить производство многих видов горно-шахтного, обогатительного, подъемно-транспортного оборудования, а также средств автоматизации, отличающихся высокими технико-экономическими характеристиками, максимально приближенными к требованиям заказчика, такого как:

**Комбайн проходческий ПКС-8М** (рисунок 1) предназначен для проведения горных выработок арочной формы сечением  $8 \text{ м}^2$  с углом наклона  $\pm 15^\circ$  по соляным породам с реологической сопротивляемостью резанию до  $450 \text{ Н/мм}$ .

Областью применения комбайна являются капитальные, подготовительные и очистные выработки калийных рудников, в которых возможно образование взрывоопасной газовой смеси первой категории группы Т1 (метан), в том числе выработки, проходимые по пластам, опасным по газодинамическим явлениям. Комбайн является составной частью проходческо-очистного комплекса, включающего также самоходный вагон типа 5ВС-15М и бункер-перегрузатель типа БП-14М.

Комбайн представляет собой самоходную машину, все сборочные единицы которой смонтированы на ходовой части. Комбайн оснащен электроприводом, гидроприводом, электрооборудованием.

Разрушение забоя производится отбойным органом, бермовыми фрезами и отрезными устройствами, входящими в привод отбойного органа.

Электрооборудование комбайна по уровню взрывозащиты – рудничное взрывозащищенное.

**Комбайн проходческий ПКС-8МК1** на микроконтроллерном управлении с напряжением питания  $1140/660 \text{ В}$ . В этом комбайне увеличено напряжение питания до  $1140 \text{ В}$ . На новой элементной базе на микроконтроллерном управлении спроектирована и изготовлена станция управления микропроцессорная компактная МПКС-500, что позволило улучшить стабильность работы комплекса.

**Комбайн роторный проходческий КРП-3-660/1140** (рисунок 2) является модификацией комбайна ПКС-8МА, в котором сохранены достоинства базовой модели, но в нее вложены новые научные разработки, повышающие надежность и ремонтную технологичность горно-шахтных машин, работающих в тяжелых условиях эксплуатации.



Комбайн имеет надежную и прогрессивную трансмиссию режущего органа, систему бурения шпуров как в кровлю, так и в почву выработки, станцию управления, выполненную на базе программируемого микропроцессорного контроллера, а также систему удаления пыли из призабойного пространства для обеспечения более комфортабельных условий труда.

**Проходческо-очистные комбайны планетарного типа (КПО-8,5; КПО-10,5)** (рисунок 3) применяются при камерной системе разработки, где недопустимость проникновения воды в подземное пространство рудников осуществляется оставлением целиков, предотвращающих опасные деформации подработанной толщи.

В состав оборудования при камерной системе разработки входят: комбайны проходческо-очистные КПО-8,5 и КПО-10; бункер-перегрузатель БП-14М; самоходный вагон 5ВС-15М.

**Проходческие комбайны избирательного действия КИД-220, КИД-220М, КИД-220М2, КИД-220М2-01, КИД-220МР** (рисунок 4, 5) со стреловидным исполнительным органом осуществляют последовательную обработку забоя режущей коронкой. В зависимости от типа коронки различают исполнительные органы с продольно-осевой (радиальной) коронкой, с поперечно-осевой (аксиальной) коронкой.

Достоинствами проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом являются: возможность варьирования в широком диапазоне размерами и формой выработки; высокая маневренность; возможность селективной выемки полезного ископаемого; механизация вспомогательных операций; возможность установки крепи возле забоя выработки; относительно небольшая масса.

Эти комбайны имеют, гусеничную ходовую часть и могут быть использованы при проведении горизонтальных и наклонных горных выработок. Они могут работать в сложных горно-геологических условиях с наличием сбросов, пережимов и утонений пласта, при неустойчивой кровле, слабой почве.

Проходческий комбайн может быть реализован в виде набора функционально-законченных модулей, что позволяет существенно сократить сроки монтажно-демонтажных и ремонтных работ, а также модифицировать его под конкретные условия проводимых горных выработок.

При проведении подготовительных выработок комбайновым способом разработаны и устанавливаются средства механизации установки постоянной крепи, навешиваемые на эти комбайны, что позволяет вести монтаж постоянной крепи вне опасной зоны.

**Фильтр барабанный вакуумный ФБВ-40-3** (рисунок 6) предназначен для фильтрования суспензий флотоконцентрата и галитовых хвостов калийного производства при температуре от 0 °С до плюс 50 °С с последующей промывкой, обезвоживанием и автоматической разгрузкой осадка, площадь поверхности фильтрования 40 м<sup>2</sup>, масса не более 20 900 кг.

**Сгуститель-отстойник** предназначен для осаждения тонкой солевой фракции из глинисто-солевой пульпы. Сгуститель представляет собой коническо-цилиндрическую емкость, оборудованную гребковым устройством. Щелок поступает в сгуститель с отделения растворения. Осветленный продукт от сгустителя подается на вторую стадию осветления, объем корпуса 322 м<sup>3</sup>, производительность по суспензии на пару 550-600 м<sup>3</sup>/час, масса аппарата при испытании 384110кг.

**Пресса валковые ПВП 1000х650МУ, ПВП 1000х650Г, ПВП 1200х650ГМ** (рисунок 7) предназначены для прессования флотационного мелкозернистого и галургического мелкокристаллического хлористого калия в плитки при производстве гранулированных удобрений. Производительность по плитке (массовая доля фракции более 2 мм), не менее 55-75 т/ч.

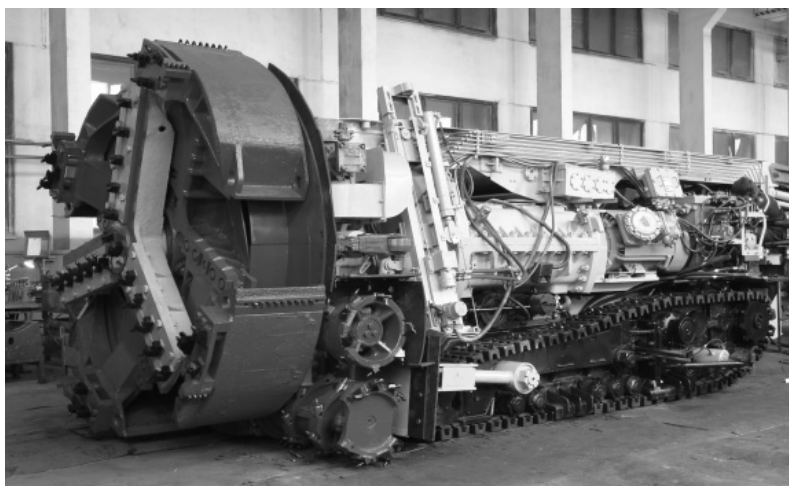
**Кратцер-краны порталные и полупортальные** (рисунок 8) применяется для работы в составе конвейерных линий для разгрузки и транспортирования сыпучих материалов. Транспортируемый материал: хлористый калий, рудная масса, производительность, 700-1400 т/ч.

**Отвалообразователи стреловые шагающие** (рисунок 9) – полноповоротная горнотранспортная машина на шагающем ходу, предназначенная для транспортирования в отвал отходов калийной руды обогатительных фабрик при производстве калийных удобрений, а также для транспортирования в отвал мягких вскрышных пород, отработанных роторным экскаватором при открытых разработках полезных ископаемых, производительность 1200-1600 т/ч.

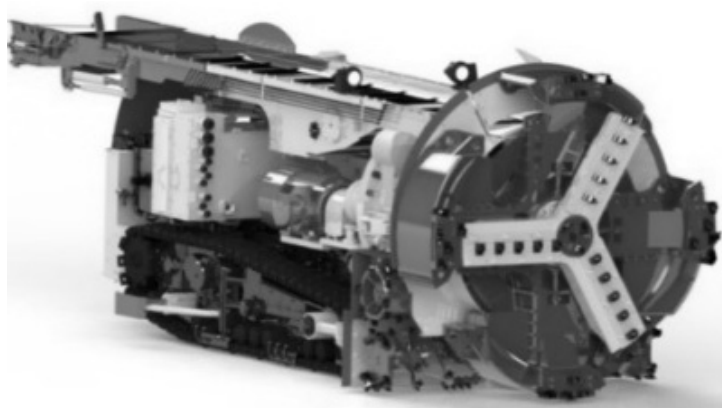
Продукция Общества: комбайн проходческо-очистной КПО-10,5; комбайн роторный проходческий КРП-3-660/1140 являлась победителем (лауреатом) конкурса «Лучшие товары Республики Беларусь» в номинации «Продукция производственно-техническая».

География поставок готового оборудования включает страны Европейского Союза, Россию, Украину, Казахстан и Туркмению.

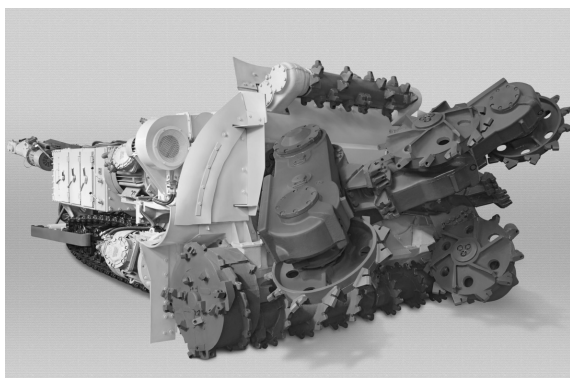
Предприятие предлагает гибкие условия сотрудничества и индивидуальный подход к каждому покупателю, оказывает логистические услуги по доставке товара.



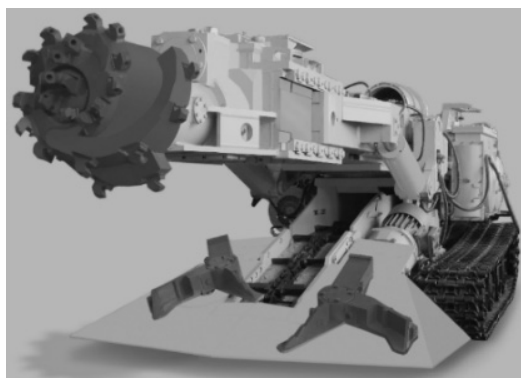
**Рисунок 1 – Комбайн ПКС-8М**



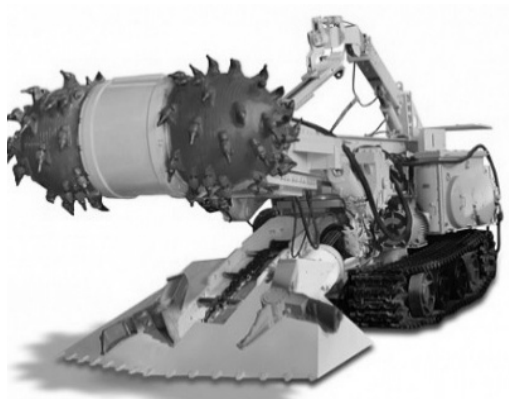
**Рисунок 2 – Комбайн роторный проходческий КРП-3-660/1140**



**Рисунок 3 – Комбайн  
проходческо-очистной**



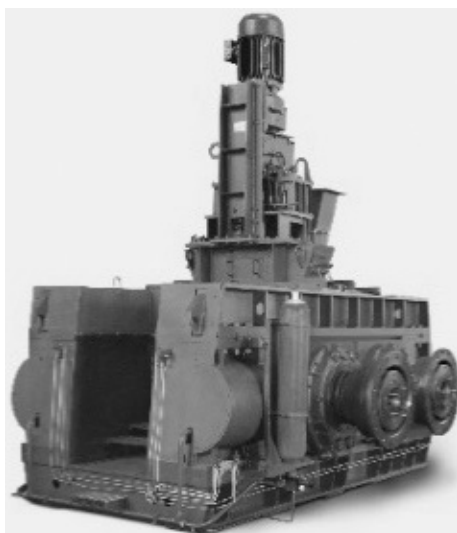
**Рисунок 4 – Комбайны  
избирательного действия КИД-220**



**Рисунок 5 – Комбайн  
избирательного  
действия КИД-220М2**



**Рисунок 6 – Фильтр  
баранный  
вакуумный ФБВ-40-3**



**Рисунок 7 – Общий вид  
валкового пресса**



**Рисунок 8 – Кратцер-кран**



**Рисунок 9 – Отвалообразователь стреловой шагающий**

## **НОВЫЕ ВИХРЕВЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ**

---

В условиях растущей конкуренции современное производство нуждается в инновационных разработках и наукоемких технологиях. Несмотря на большое число имеющихся аппаратов для осуществления очистки газов, тепло- и массообменных процессов, разработка нового, компактного высокоэффективного оборудования представляет большой интерес для многих отраслей промышленности. Дальнейшее совершенствование газоочистного тепло- и массообменного оборудования в системах газ-жидкость связано с возможностью повышения скоростей движения обеих фаз, что приводит к существенному увеличению производительности, развитию поверхности контакта фаз и росту значений коэффициентов тепло- и массообмена, а также с возможностью снижения удельных энергозатрат при росте эффективности работы аппаратов.

Многие технологические процессы предприятий химической и нефтегазовой отраслей промышленности, металлургии сопровождаются образованием пыли и вредных газов, что приводит к загрязнению окружающей воздушной среды вредными технологическими пылегазовоздушными выбросами. Поэтому защита от вредных технологических пылегазовоздушных выбросов атмосферного воздуха, который необходим для жизни людей, животного и растительного мира, а также служит основой многих технологических процессов, является важнейшей экологической проблемой.

В промышленности наибольшее распространение получили аппараты мокрой очистки газов. Аппараты мокрой газоочистки могут обеспечивать довольно высокий уровень очистки газа, сопоставимый с такими высокоэффективными аппаратами как рукавные фильтры и электрофильтры. В настоящее время многие из аппаратов мокрой очистки дымовых газов, работающих на промышленных объектах, не удовлетворяют современным требованиям по защите окружающей среды. Поэтому необходимо повышать эффективность действующих аппаратов путем их реконструкции, а также создавать новые, более эффективные.

Наиболее перспективными являются вихревые аппараты. Закрутка газового потока значительно интенсифицирует процесс отделения

частиц твердой фазы благодаря центробежным силам. В вихревом пылеуловителе сепарация пыли основана на использовании центробежных сил, благодаря которых достигается весьма высокая эффективность очистки – 98-99 % и выше. Аппарат может применяться для очистки газов с температурой до 700°C. В вихревом пылеуловителе не наблюдается износа внутренних стенок аппарата, что связано с особенностями его воздушного режима. Аппарат более компактен, чем другие пылеуловители.

Таким образом, вихревые скрубберы отличаются более высокой эффективностью, меньшим гидравлическим сопротивлением, меньшими габаритами и устойчивой работой при изменении расходов газа и жидкости в широких пределах.

На эксплуатационные характеристики устройств, работающих с закрученными газожидкостными потоками, влияет большое количество факторов, таких как организация закрутки потока, влияние режимных и конструктивных параметров аппарата. Экспериментальные исследования однофазных и тем более двухфазных закрученных потоков осложняется также тем, что турбулентное вихревое течение имеет сложный пространственный характер движения вследствие неравномерности распределения параметров в продольном и поперечном направлениях, а также наличия возвратно-циркуляционных зон. Течение двухфазного потока также осложняется процессами взаимодействия фаз между собой и с ограничивающими поверхностями.

Во всех странах в металлургических производствах актуальной проблемой является очистка отходящих газов от пыли и токсичных веществ. Применение известных традиционных способов и аппаратов не обеспечивает требований современных норм очистки газовых выбросов. Возникла необходимость разработки и внедрения в производство, принципиально новых, высокоэффективных аппаратов для сокращения капитальных и эксплуатационных затрат и эффективной очистки отходящих газов. Основными компонентами в отходящих газах упомянутых производств являются: диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, хлористый водород, сероводород и диоксид углерода.

Исследования механизма и кинетики физико-химических процессов очистки отходящих газов от упомянутых веществ и анализ причин образования газовых выбросов в процессах обжига концентратов позволили сформулировать эффективное научное направление по предотвращению газовых выбросов.

В настоящее время сотрудниками кафедры «Химическая технология» накоплен богатейший опыт в разработке и внедрении в производство перспективных, принципиально новых и компактных вихревых

аппаратов для решения экологических проблем предприятий металлургических, химических и других отраслей промышленности.

Для очистки отходящих газов во многих странах широко распространены насадочные и барботажные колонны и аппараты типа труба Вентури. Основным требованием, предъявляемым к аппаратам газоочистки является не только высокая производительность и эффективность по улову токсичных веществ, но и компактность оборудования, а также минимальный брызгоунос.

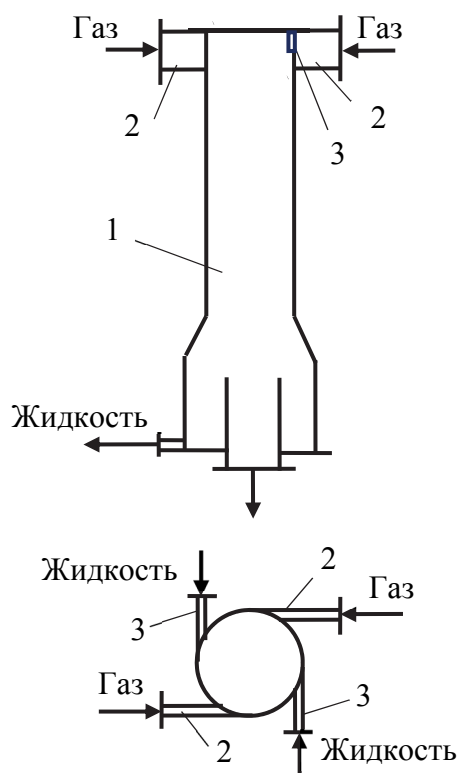
Теоретически предполагают, что количество уносимой жидкости из аппарата должно быть не более 10% от подаваемого количества жидкости. На практике, при больших массовых расходах жидкости и газа, количество уносимой жидкости в традиционных аппаратах газоочистки достигает 30-50%. Такой брызгоунос вынуждает снижать нагрузку на аппараты, увеличивать габариты и число аппаратов и устанавливать дополнительное газоочистное оборудование.

Научные исследования гидродинамических и физико-химических процессов, происходящих при очистки газов от пыли и токсичных газовых веществ, позволили разработать эффективные вихревые абсорберы, как с тангенциальными, так и аксиальными завихрителями. Принцип работы вихревого аппарата заключается в образовании закрученного газожидкостного потока с последующим разделением фаз в поле центробежных сил. Наличие жидкой фазы позволяет осуществить процесс очистки пылегазовоздушных выбросов от крупных и мелких (мелкодисперсных) частиц пыли. Отличительная особенность разработанного аппарата состоит в совмещении в едином энергетическом поле аппарата двух способов очистки газа и охлаждения его.

На рис. 1 представлен прямоточный вихревой аппарат очистки отходящих газов. Вихревой скруббер работает следующим образом. Газовый поток, содержащий обжиговую пыль и газовые примеси, поступает через тангенциальные газоходы 2 в верхнюю часть аппарата. Сюда же подается также рабочая жидкость – известковое молоко по тангенциальным штуцерам 3.

Далее газожидкостной поток приобретает вращательно-поступательное движение. Вихревой высокотурбулизированный газожидкостный поток движется вниз и поступает в сепарационную часть аппарата. При этом происходит улов пыли и газовых примесей из газового потока и охлаждение газа. Далее вращающийся газожидкостный поток входит во внутреннее пространство нижнего кольцевого канала, который образуется между корпусом аппарата и выходной трубой газа. Вследствие образования гидравлического затвора в кольцевом канале газ направляется в центральную выводную патрубку. В пространстве между

корпусом аппарата и выходной трубой газа под действием центробежных сил происходит сепарация газожидкостного потока. Газовый поток, практически несодержащий брызги и капли жидкости отводится через центральный патрубок, а отсепарированная жидкость удаляется через боковой штуцер, установленный в нижней части корпуса. В зависимости от нагрузки аппарата по жидкой фазе выход жидкости может осуществляться через дополнительный переливной штуцер.



1 – вихревой скруббер; 2 – тангенциальные патрубки газа; 3 – тангенциальные патрубки жидкости; 4 – бункер-сепаратор

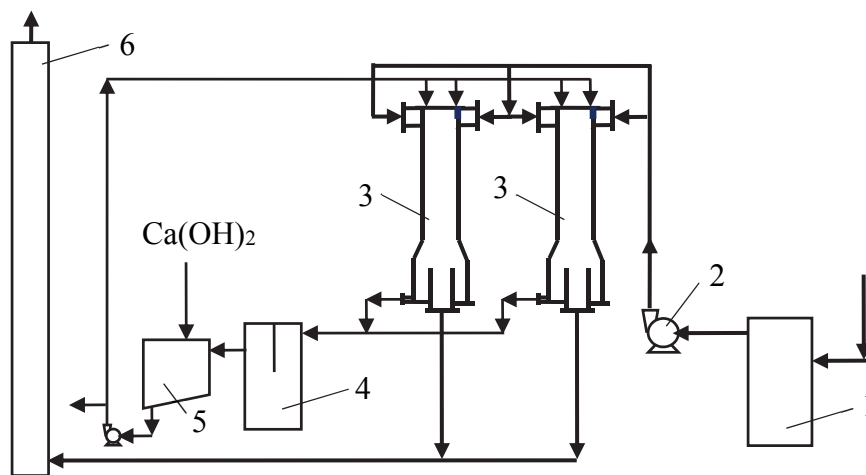
**Рисунок 1 – Вихревой скруббер**

Схема очистки обжигового газа от твердых и газовых примесей представлена на рис. 2. Установка состоит из пылесадительной камеры 1, вентилятора 2, вихревых скрубберов 3, емкости-отстойника 4 и зумпфа 5. Установка предназначена для улавливания мелкодисперсной пыли и вредных газов, содержащейся в выбросном газе.

Вследствие мокрой очистки происходит также охлаждение выбросного газа. Технологический газ из барабанной печи всасывается центробежным дымососом 2 через пылесадительную камеру 1, где оседает крупнодисперсная пыль. Далее выбросной газ нагнетается через вихревые скруббера 3 в выхлопную трубу 6. В вихревых скрубберах мокрой очистки 3 происходит очистка газа от твердых и газовых примесей раствором  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Отработанное известковое молоко после



скрубберов поступает в зумпф 5 через отстойник 4, где отделяется от твердых частиц. От зумпфа раствор насосом возвращается в скруббера. В зависимости от водородного показателя в зумпф подается свежее известковое молоко. При этом часть отработанного раствора удаляется из системы.



1 – пылесадительная камера; 2 – вентилятор; 3 – вихревые скрубберы; 4 – емкость-отстойник; 5 – зумпф

**Рисунок 2 – Схема очистки обжигового газа**

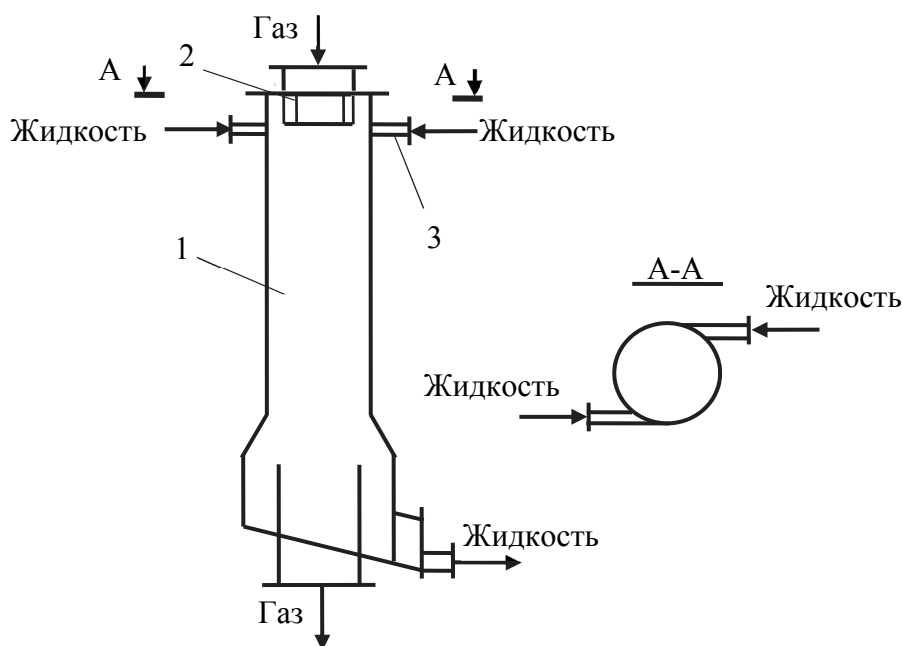
Проведенные промышленные испытания вихревого скруббера с тангенциальными завихрителями показали, что устойчивый режим работы разработанного вихревого аппарата наблюдается при изменении скорости газа в щелях завихрителей в пределах 45-50 м/с.

В результате комплексного анализа установлены рациональные интервалы режимно-конструктивных параметров. Определено, что эффективная работа комбинированного вихревого скруббера при высокой степени улавливания  $\eta = 99,99\%$  и небольшом гидравлическом сопротивлении  $\Delta P = 800 \div 1200$  Па обеспечивается при коэффициенте крутки  $A = w_{\text{щ}}/w = 3$ .

Исследование брызгоуноса жидкости проводили методом непосредственного замера количества уносимой жидкости. Относительный брызгоунос жидкости рассчитывался как отношение количества уносимой газовым потоком жидкости, к количеству подаваемой жидкости. На брызгоунос жидкости существенное влияние оказывают расходы газовой и жидкой фаз. Относительный брызгоунос незначителен (не более 2%) при малых скоростях газа в аппарате и начинает возрастать при скорости газа более 20 м/с и при отношениях массового расхода поглотителя к массовому расходу газа  $L/G > 3$ .

Проведенные испытания показали, что вихревой аппарат работоспособен в широком диапазоне изменения нагрузок по газовой и жидкой фазам, обладает брызгоуносом в допустимых пределах ( $\gamma < 0,1$ ), высокой объемной концентрацией по жидкой фазе и гидравлическим сопротивлением в пределах 1,2 – 2,0 кПа при  $w=12-18$  м/с и  $L=15-22$  м<sup>3</sup>/ч.

Внедрены в производство также вихревой аппарат с осевым завихрителем для очистки выхлопных газов от пыли и газовых примесей (рис. 3). На основе промышленных испытаний установлено, что вихревой аппарат с осевым внутренним завихрителем более компактен, удобен с точки зрения монтажа и эксплуатации и не уступает по эффективности вихревым аппаратам с тангенциальными завихрителями.



1 – вихревая камера; 2 – завихритель газа; 3 – завихритель жидкости

**Рисунок 3 – Вихревой скруббер**

Компактные и высокоэффективные вихревые аппараты рекомендуются нами для внедрения в производство в различных металлургических, химических, нефтегазовых и других предприятиях.

### **Заключение**

1. Разработаны, исследованы и внедрены высокоэффективные вихревые скрубберы мокрой очистки выхлопных газов металлургических производств от пыли и токсичных газов, такие как диоксид углерода, хлористый водород, сероводород и диоксид серы.

2. Найдены оптимальные режимы работы вихревого пылеуловителя, при которых эффективность пылеулавливания достигает 99,9% при минимуме энергозатрат  $\Delta P = 1200$  Па.

3. Сравнение эффективности газоочистки насадочного абсорбера и вихревого скруббера, которое проводилось при одинаковой входной концентрации отходящих газов на входе в аппарат, показали, что закрутка потоков газа и жидкости позволяет увеличить производительности абсорбера в 10-15 раза и эффективности в 5-8 раза, по сравнению с аппаратами с осевым, незакрученным газо-жидкостным потоком.

4. Вихревые аппараты для абсорбционной очистки выбросных газов от пыли и газовых примесей, позволяют сократить материалоемкость аппаратов абсорбции газов более чем в 10 раз по сравнению с распространенными насадочными и тарельчатыми аппаратами.

5. Установки мокрой очистки газовых выбросов, укомплектованные вихревыми аппаратами, обеспечивают современные санитарные нормы очистки газов при минимуме капитальных, энергетических и эксплуатационных затрат.

6. Вихревые аппараты для тепло-массообменных процессов, обеспечивают полное высвобождение дорогих и громоздких насадочных и барботажных аппаратов, а также электрофильтров для очистки газовых выбросов.

7. Результаты работ внедрены на предприятиях Государственного предприятия Навоийский горно-металлургический комбинат. Достигнута эффективная очистка отходящих газов от пыли и газовых примесей.

УДК 661.683.3+666.189.3

**Терещенко И.М., Войтов И.В., Дормешкин О.Б.,  
Кравчук А.П., Жих Б.П.**

(УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск)

## **СИНТЕЗ РАСТВОРИМЫХ И НЕРАСТВОРИМЫХ СИЛИКАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО КРМЕНЕЗЕМИСТОГО СЫРЬЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ НИХ**

---

Как показали исследования, проводимые в условиях БГТУ, кремнегель, являющийся многотоннажным отходом химических производств следует рассматривать как перспективное кремнеземистое

сырье для производства растворимых и нерастворимых силикатов щелочных металлов. К его достоинствам следует отнести:

- высокое содержание аморфного  $\text{SiO}_2$  – (89–93)%;
- дисперсность, поскольку доминирующей фракцией в его суспензиях являются частицы диаметром 20–50 мкм;
- стабильность химического состава;
- большие объемы, что позволяет организовать на его основе ряд многотоннажных производств важных в техническом отношении продуктов.

Известно, что при получении одной тонны фтористого алюминия образуется до 1,8 т гидратированного аморфного кремнезема (кремнегеля). После отделения от основного продукта кремнегель промывается, обезвоживается на вакуум-фильтрах и вывозится в отвалы в виде рыхлого плохо сыпучего порошка [1]. Только на российских заводах ежемесячно образуется свыше 50000 тонн отвального продукта, аналогичные производства функционируют в Беларуси, Литве, Украине.

Следует заметить, что попытки утилизации кремнегеля предпринимались неоднократно, однако эффективной технологии его переработки до сих пор не предложено. Анализ данных литературы и проводимых исследований позволили выявить три фактора, которые обуславливают громоздкость и неэффективность технологии его утилизации:

- порошкообразное состояние, для синтеза силикатов на основе кремнегеля его следует перевести в состояние суспензии, причем без дополнительного введения воды;
- высокое водосодержание (в пределах 60–65%), попытки термического обезвоживания кремнегеля требуют больших затрат энергии (до 850кВт·ч/т), что приводит к потере экономической эффективности многотоннажных технологий на его основе;
- негативное влияние примесей кремнегеля (соединений алюминия и фтора) на синтез силикатов щелочных металлов.

В публикациях [2–4] последняя причина считается основной. Для ее устранения предлагаются: а) многократная промывка; б) термохимическая и в) химическая обработка кремнегеля, что приводит к большим производственным затратам, усложнению технологической схемы, образованию фторсодержащих сточных вод, требующих утилизации.

Проведенными в БГТУ исследованиями установлено, что главной проблемой кремнегеля является химическая инертность кремнезема – основной его составляющей, в частности, по отношению к щелочам, что обусловлено особенностями его строения, а именно: наличием многослойных водных оболочек вокруг частиц  $\text{SiO}_2$ , их агрегированием, высокой пористостью частиц, влиянием примесных ионов. В итоге затрудняется доступ гидроксидов щелочи к твердой

поверхности и скорость реакции скорости кремнегель+NaOH, отсюда вытекает необходимость предварительной активации кремнегеля.

В БГТУ разработаны технологические параметры синтеза растворимых и нерастворимых силикатов щелочных металлов на основе кремнегеля, основой которых является использование процесса предварительной механоактивации кремнегеля. Данная стадия хорошо вписывается в технологический процесс, не требует сложного оборудования и больших затрат (расход энергии на механоактивацию около 16 кВт·ч/т). Важно, что в ходе данной стадии решаются все проблемные вопросы, связанные с кремнегелем, а именно:

1. резко повышается химическая активность кремнезема за счет разрушения его пространственной структуры, дезагрегации и диспергации частиц, увеличения межфазной поверхности в системе «кремнегель–вода»;
2. изменение агрегатного состояния: переход от порошка к текучей суспензии (вязкость по Энглеру 12–14 с), за счет частичного перехода связанной в структуре кремнегеля воды в свободную;
3. полученная суспензия стабильна, при легком перемешивании может храниться длительное время;
4. избыточная влага может быть удалена после отстаивания методом декантации;
5. устраняется негативное влияние примесей, которые также как и SiO<sub>2</sub> реагируют со щелочью с образованием нерастворимых соединений.

В итоге реакция кремнегеля с едким натром при атмосферном давлении и температуре 90–95 °С протекает полностью и завершается за 25–45 мин в зависимости от силикатного модуля смеси (для растворимых силикатов).

На основе активированного кремнегеля также возможен синтез нерастворимых силикатов (полисиликатов с силикатным модулем 4,5–6,1). Установлено, что синтез полисиликатов из активированных суспензий кремнегеля с ограниченной влажностью (55–65%) протекает в четыре стадии:

- 1) растворение частиц кремнезема (деполимеризация) в щелочном растворе;
- 2) полимеризация моно- и димеров растворенного кремнезема, которая начинается практически сразу после введения щелочи в суспензию кремнегеля и определяется по растущей вязкости суспензии в процессе нагрева;
- 3) повышение текучести смесей (разжижение) вследствие выделения воды, вероятно, в ходе протекания процессов поликонденсации при температуре около 90°С;
- 4) быстрое гелеобразование при дальнейшем нагреве смесей при максимальной температуре вплоть до полного затвердевания.

Основной проблемой синтеза полисиликатов является наложение второй стадии на первую, что приводит к быстрому схватыванию смеси и прекращению синтеза. Требуется специальные меры (очередность и скорость дозирования компонентов, режим перемешивания, скорость подъема температуры др.) для предотвращения последнего. Только в случае последовательной реализации всех четырех стадий возможно получение качественных продуктов на основе синтезируемых гидросиликатов.

На кафедре ТСиК БГТУ разработаны одностадийные ресурсо- и энергосберегающие технологии получения жидкого стекла и гранулированных стекловидных теплоизоляционных материалов с кажущейся плотностью менее  $200 \text{ кг/м}^3$ , основой которых является использование процесса предварительной активации кремнегеля. Ниже приведены технологические схемы и краткая характеристика двух технологий, обеспечивающих полное вовлечение кремнегеля в производство.

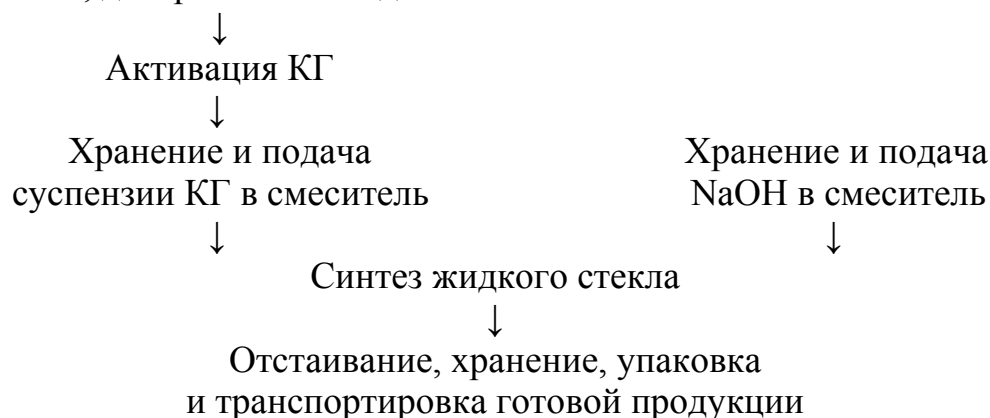
### 1) Получение жидкого стекла с силикатным модулем 2,0–3,2 по одностадийной безавтоклавной технологии.

Большой интерес с экономической и экологической точки зрения, представляет способ получения жидкого стекла безавтоклавным низкотемпературным синтезом (температура гидротермальной обработки менее  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , атмосферное давление), реализуемым на основе высокодисперсного промышленного кремнеземистого отхода (кремнегеля). Качество производимого по такой технологии жидкого стекла характеризуется следующими показателями:

- выход готового продукта по  $\text{SiO}_2$  – не менее 98 %;
- силикатный модуль – 2,0–3,2;
- плотность,  $\text{г/см}^3$  – 1,26–1,55;
- массовая доля  $\text{SiO}_2$  – 22,0–36,8;
- массовая доля  $\text{Na}_2\text{O}$  – 7,8–13,9;
- осадок при длительном хранении – менее 1 %.

Ниже приведена принципиальная технологическая схема получения жидкого стекла на основе кремнегеля:

Хранение, дозирование и подача КГ



Основные преимущества данной технологии, в сравнении с традиционной дуплекс-технологией, заключаются в снижении материальных и, особенно, энергетических затрат на производство жидкого стекла, упрощение технологической схемы, отказ от использования сложного технологического оборудования, а также отсутствие выбросов в окружающую среду. Энергозатраты на производство 1 т продукта снижаются в 7–8 раз в сравнении с традиционным дуплекс-процессом. Стоимость жидкого стекла получаемого по разрабатываемой технологии составляет около 140–145 \$/т, в то время как стоимость жидкого стекла, получаемого по традиционной технологии составляет 230–240 \$/т.

## **2. Получение гранулированных вспененных материалов на основе активированного кремнегеля.**

По технологии прямого синтеза гидросиликатов щелочных металлов на основе аморфного кремнеземистого сырья, с последующим их вспениванием и остеклованием при термической обработке получены вспененные гранулированные материалы с ячеистой структурой.

В соответствии с инновационной технологией, синтезированные на начальной стадии гидратированные полисиликаты натрия гранулируются, а затем переводятся в пиропластическое состояние и вспениваются в ходе единственной термообработки. В данном случае реализуется гидратный механизм вспенивания парами воды, выделяющимися из гидрогеля. Одновременно со вспениванием осуществляется остекловывание материала. Получаемые материалы обладают следующими характеристиками:

- насыпная плотность (в зависимости от размера гранул) 150–250 кг/м<sup>3</sup>;
- теплопроводность ( $\lambda=0,055–0,065$  Вт/м·К);
- температура применения от – 200 до 700 °С;
- прочность на сжатие в цилиндре 0,5–1,2 МПа;
- водостойкость (потери массы при кипячении в течение 1 ч) 2–3 %;
- морозостойкость – более 35 циклов.

Разработанная технология обеспечивает получение гранул фракций (0–2), (2–4), (4–8) мм. Ниже приведена принципиальная технологическая схема получения вспененных гранулированных материалов.

Данный технологический процесс характеризуется простотой, не требует дорогостоящего оборудования. Этот факт, а также отсутствие в технологическом процессе энергоемких стадий (сушка, тонкое измельчение сырья), а также низкие температуры вспенивания (до 500 °С)





## РАЗРАБОТКА СТАНДАРТА ОЦЕНКИ ОТХОДОВ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

---

В 1989 г. в Австралии (Joint Ore Reserves Committee, JORC) с изданием «Австрало-Азиатского кодекса отчетности о результатах геолого-разведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых» («Кодекса JORC») возникла профессиональная система отчетности в области этого класса полезных ископаемых.

Кодекс был принят Институтом горной промышленности и металлургии Австралии и Азии и Австралийским институтом наук о Земле, признан Комитетом по ресурсам минерального сырья Австралии и Институтом ценных бумаг Австралии и включен в список правил Австралийской и Новозеландской фондовых бирж.

В 1994 г. Международным комитетом по стандартизации отчетов о запасах минерального сырья (CRIRSCO) был разработан шаблон по составлению национальных кодексов публичной отчетности, основанный на Кодексе JORC. В 2009 г. шаблон CRIRSCO получил признание ООН. За истекший период Кодексы были созданы в Канаде, ЮАР, Чили, Европе, США, Монголии, России, Казахстане.

Принципами действия и применения Кодексов являются прозрачность (однозначность), существенность (исчерпывающая информация для инвесторов) и компетентность (ответственность владельца объекта оценки и автора отчета – компетентного лица).

Публичные отчеты должны включать результаты технико-экономических исследований достигнутых стадий разведки, включая сведения об отходах – рудах с низким содержанием компонентов, отвалах пустых пород и хвостах обогащения – обо всех отходах горно-металлургического производства, из которых при совершенствовании технологии или изменении конъюнктуры могут быть дополнительно извлечены полезные компоненты.

Россия, будучи богатейшей в минерально-сырьевом отношении страной, по отдельным видам твердых полезных ископаемых является импортно-зависимой (бокситы, марганец, титан, хром и др.), тогда как в отходах и отвалах месторождений сосредоточено большое количество востребованных металлов и элементов. Ежегодно накапливаемые отходы горно-металлургического производства составляют более 5 млрд.т. Отрицательный эффект усугубляется изъятием

из оборота обширных площадей, занятых отходами. Содержание ценных компонентов в отходах нередко близко их содержанию в добываемых в настоящее время рудах. При этом вовлечение техногенного минерального сырья в переработку может заметно укрепить экономический потенциал страны и обеспечить решение актуальных задач недропользования, включая: 1) более полное использование невозобновляемых природных ресурсов и сокращение темпов истощения минерального сырья в недрах; 2) производство из отходов горно-металлургического производства стройматериалов и минеральных добавок для улучшения структуры почв и для изготовления удобрений для сельского хозяйства и др.; 3) сокращение или ликвидацию источников загрязнения окружающей среды; 4) повышение производительности труда за счет рентабельной переработки готовых полупродуктов действующими предприятиями.

Уникальное экономическое значение минерального техногенного сырья отражается в его освоении промышленно развитыми странами – в США, Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании доля вторичного сырья в производстве цветных металлов составляет 25-55%; из вскрышных пород производится до 80% строительных материалов; методами выщелачивания отвалов окисленных медных руд извлекается до 20% меди.

Правовой основой недропользования в РФ и странах ЕАЭС являются законы, которыми регулируются отношения, возникающие в области геологического изучения, использования и охраны недр, а также – использования отходов добычи полезных ископаемых и связанных с ней перерабатывающих производств. Законами предусматриваются геолого-экономическая оценка месторождений для определения их промышленного значения, а также выбор наиболее эффективных способов отработки и государственный мониторинг состояния недр. В Кодексе Республики Казахстан имеется статья об отходах горно-металлургического производства (Статья 13. Техногенные минеральные образования, права на техногенные минеральные образования). В статье 4 Закона Кыргызской Республики «О недрах» дано определение техногенных образований как скоплений минеральных образований, горных масс, содержащих полезные компоненты, являющихся отходами горнодобывающих, обогатительных и металлургических производств.

Нормативные документы в РФ представлены Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (Классификация, 2008) и методическими рекомендациями по применению Классификации по видам полезных ископаемых и методическими рекомендациями по решению вопросов оценки месторождений твердых

полезных ископаемых. Подобные документы действуют и в других странах ЕАЭС. Единственным действующим нормативным документом по техногенному сырью в РФ является «Методическое руководство по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений (ГКЗ, 1994).

В 2019 г. в РФ с целью развития и координации деятельности в сфере отходов горно-металлургического производства создана «Эко-промышленная ассоциация предприятий по переработке техногенного сырья «Техноминерал» (далее – «Ассоциация»). Ее задачами являются: 1) регистрация отходов в базе данных по регионам и видам твердых полезных ископаемых; 2) развитие эффективных технологий переработки отходов; 3) комплексная горно-геологическая, экологическая и экономическая оценка отходов с целью их классификации, инвентаризации, определения приоритетов освоения и технологий утилизации.

Для обеспечения деятельности Ассоциации создан «Кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ по оценке техногенных отходов горно-металлургического производства, их экологической и экономической оценке» (далее – Кодекс).

Создание Кодекса направлено на восполнение пробелов в методическом обеспечении оценки отходов. Назначение Кодекса – всемерное развитие условий вовлечения отходов в хозяйственный оборот с целью снижения темпов истощения сырья в недрах, решения экологических и социальных проблем недропользования.

Необходимость создания Кодекса диктуется спецификой накопления отходов горно-металлургического производства, особенностями технологических процессов их образования и последующей трансформации вещественного состава на протяжении хранения и, наконец, что имеет важнейшее значение, – негативными последствиями воздействия отходов на природную среду.

Кодекс разработан в соответствии с критериями, принятыми в мировой практике и изложенными в распространенных документах («The JORC Code, 2012», «The VALMIN Code, 2005» и др.), с учетом действующей в РФ системы. Кодексом определены требования к публичным отчетам горнопромышленных и геологоразведочных компаний в отношении геолого-экономической оценки отходов горно-металлургического производства и экологических последствий их накопления на земной поверхности и в приповерхностной зоне. Кодекс является стандартом, следование рекомендациям которого призвано обеспечивать предоставление максимально полной информации, в которой нуждаются недропользователи-владельцы отходов для оценки и минимизации воздействия на природную среду.

В кодексах, послуживших прообразом Кодекса «Техноминерал», вопросы оценки экологических условий отходов горно-металлургического производства носят весьма поверхностный характер. Как и сам Кодекс «Техноминерал», так и включение в него раздела по экологии, определены важным значением техногенного минерального сырья в современной экономике, а экологический раздел играет особую роль именно для техногенного сырья.

Содержанием экологической оценки отходов горно-металлургического производства является определение характера и масштабов их воздействия на окружающую природную среду, мер по устранению негативного влияния отходов, необходимых затрат на реализацию предотвращения и снижения отрицательного влияния.

Аспекты экологической оценки представлены решением вопросов загрязнения воздуха выбросами металлургических заводов, загрязнения отходами горно-металлургического производства водных объектов и земель хозяйственного назначения, засорения накапливаемыми отходами и отчуждения земной поверхности, влияния отходов на сохранение популяций животных и растений и их разнообразия, влияния отходов на разрушение ландшафтов.

Экологическая оценка отходов представляет собой оценку соответствия деятельности горно-металлургических предприятий и состояния окружающей природной среды действующему природоохранному законодательству, нормативным и правовым актам, методическим и регламентирующим документам с целью обеспечения эффективности системы охраны природы, оптимального использования природных ресурсов, определения ответственности исполнителей за соблюдение экологических требований – для выработки первоочередных мер и формирования политики решения экологических проблем.

Интегральная экономическая оценка эколого-экономической эффективности освоения отходов горно-металлургического производства определяется соотношением:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 - \mathcal{Z}) > 0,$$

где  $\mathcal{E}_1$  – стоимость реализуемой из отходов товарной продукции;  $\mathcal{E}_2$  – экономическая составляющая положительного экологического эффекта от освоения отходов;  $\mathcal{Z}$  – суммарные затраты на реализацию производства из отходов товарной продукции с учетом природоохранных мероприятий, налогов и платежей. Экономически привлекательные отходы должны представлять коммерческий интерес, иметь рынок продаж и окупать затраты на их освоение.

## ВЛИЯНИЕ РЕФОРМ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕННОСТЕЙ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

---

Рассматриваются возможности и пути повышения качества образовательного процесса в системе высшего образования. Отмечается необходимость высокого уровня профессионализма и развития специалиста, способного к самореализации и взаимодействию в структуре общества. Показано, что изучение дисциплины «Производственный и персональный менеджмент» способствует формированию академических, социально-личностных и профессиональных компетенций специалистов.

**Ключевые слова:** образовательная система, образовательный процесс, качество образования, методологии систематизирования знаний, терпимость, креативность.

Система образования в университетах, в настоящее время сильно ориентированных на европейский опыт, может внести свой вклад в решение современных методов, в частности, через изучение модели синтетического образования, более типичную для отечественных традиций. Научиться понимать глубину противоположного сознания при диалоговом изложении проблем поможет обозначить свою позицию более глубоко и обоснованно.

В современном обществе необходимо постоянное осмысливание тех изменений общечеловеческих ценностей, отражающихся в практике с появлением инновационных образовательных систем, которые требуют, в первую очередь, самообразования и саморазвития и преподавателей, и учащихся. В результате этих процессов развивается новая система ценностей, новый опыт, обобщение критериев ценности в своей субъективной практике. Но люди в своей глубинной сущности ориентированы на взаимодействие и общение в сообществе, поэтому современное образовательное сообщество людей должно строиться на принципах терпимости и взаимоуважения, открытым к инновациям и развитию в постоянно обновляемой системе ценностей.

Инвестиции в человеческий капитал для повышения уровня образования должны вестись целенаправленно к появлению экономической заинтересованности всего общества в целом по механизму обратной связи с инвесторами. Основные цели инновационного менеджмента [1–3] в образовании сводятся к созданию моделей перспективных образовательных учреждений, совместимых по высшему и среднему

уровню, ориентированных на инициацию творческой деятельности и созданию новых технологий. Ориентация не столько на изучение существующих знаний, а получение методологии систематизирования знаний и удовлетворения от создания новых.

Реформа в образовательной сфере в условиях плюрализма мнений и отсутствие истинной демократии очень тормозит поиск средств, направлений, форм и методов цивилизованного пути развития данного процесса.

Популярность комплексных научных работ, собирающих исследователей разных специальностей, особенно в сфере охраны окружающей среды, позволяет говорить о налаживании интеллектуальных сетей. Именно университетское образование позволяет строить международное развитие науки и образования. Система образования в университетах может внести свой вклад в решение проблем, в том числе, в междисциплинарные решения по хозяйственной деятельности через определение реальной стоимостной ценности природных ресурсов, выявлению качества ассимиляционного потенциала компонентов экосистем, чтобы рыночная хозяйственная система имела стратегическую менеджерскую направленность по рациональному природопользованию [1, 5, 6].

Современное состояние дел в сфере высшего образования является индикатором уровня научного потенциала государства. Особенно негативным является отток молодых специалистов, снижение образовательного ценза, упадок культуры студентов и преподавателей. Но поскольку конъюнктурные соображения на сегодня отпадают, обновление высшего образования без лишнего бюрократизма на основе творческой личности может стать основой самовосстановления высшего образования. Универсальный механизм обратных связей (от университетов до государственного регулирования) должен позволить создать систему государственной долгосрочной стратегии в сфере образования высшей школы.

В связи со сложившимися условиями в стране, когда образование оказалось без существенной финансовой поддержки государства, надо с целью координации совместной деятельности средних профессиональных учреждений и университетов создать функционирующий орган с организационно-управленческими функциями без дублирования функций друг друга. Необходимо на основе интеграции высших и средних профессиональных учреждений выработать реальные шаги по важным аспектам работы: по обновлению среднего профессионального образования; по социальной защите преподавателей и студентов; переподготовки и повышению квалификации преподавателей и специалистов; по учебно-методическому и информационному обеспечению на взаимосвязи среднего профессионального и высшего образования.

Такого рода активизация образовательной системы на основе их носительной самостоятельности позволит найти реальные инструменты

эффективного выполнения своей главной задачи – подготовки специалистов, которые востребованы в стране в первую очередь, но и без ограничений выхода на мировое сообщество. Принцип непрерывности образования на основе постепенности и этапности формирования мышления личности лежит в основе создания в стране человеческого капитала, создания рынка профессионального труда [2, 3, 4]. К сожалению, полной картины «наполнения» рынка профессионального труда, точной количественной и качественной его характеристики пока получить не удастся. Поэтому эффективное управление занятостью населения в образовательной сфере затрудняет оценку текущей ситуацией.

Применительно к сегодняшним условиям политика государства на рынке труда не должна замыкаться на поиске оптимальной глубины вмешательства в трудовые отношения в образовательной сфере, регулирующее влияние государства также не должно препятствовать реализации требований экономической эффективности, которые предполагают выпуск востребованных на рынке специалистов высшей школы.

Опираясь на выработанные принципы, государство может использовать два типа регулирующего воздействия для реализации конкретной программы в сфере занятости: пассивный и активный. Пассивная политика занятости – совокупность мероприятий, направленных на сглаживание негативных последствий безработицы. Активная политика занятости – это совокупность правовых, организационных и экономических мер, проводимых государством в целях снижения уровня безработицы. Содействие в профессиональной подготовке и переподготовке является одним из важнейших аспектов активной политики занятости.

Динамика молодежной занятости в отраслевом разрезе носит неоднозначный характер. На протяжении последних лет наблюдается устойчивое сокращение доли молодых работников в сельском хозяйстве: удельный вес молодежи в общей структуре работников отрасли по-прежнему остается одним из самых низких. Снижение занятости молодежи в этой отрасли обусловлено не только демографическим старением сельского населения, но и неудовлетворенностью молодых людей характером сельскохозяйственного труда, социально-культурными условиями жизни в сельской местности, стимулирующими отток молодежи в города. Следует сказать, что рынок труда Республики Беларусь характеризуется негативными тенденциями: происходит снижение численности населения в трудоспособном возрасте, существуют значительные межрегиональные диспропорции в распределении трудовых ресурсов, а также избыток одних профессий и дефицит других. Поэтому необходимо провести серьезную реструктуризацию рынка профессионального труда в образовательной сфере, развернуть систему

подготовки и переподготовки по приоритетным направлениям технического прогресса, ликвидировать разрыв между профессиональным образованием и требованиями рынка труда. Важно выявить, какие ценности и нормы необходимы, чтобы в образовательной сфере происходили реальные изменения. В настоящее время человечество страдает не столько от недостатка знаний, а от устаревших социальных стереотипов о сущности и характере взаимоотношений людей. Чем многообразнее будут личностные проявления специалистов разных областей знаний, их креативность как субъектов профессиональной деятельности, тем совершеннее будет вузовская подготовка. Но реальность такова, что в настоящее время существует опасный разрыв между техническим уровнем развития производства и уровнем нравственного развития человека, обслуживающего мощную технику, приносящую и пользу человечеству, и вред окружающей среде.

Не менее важно понять, что система образования это исторически сложившийся фундамент, обеспечивающий основной человеческий капитал. Поэтому человек, способный к поиску и освоению новых знаний, к принятию нестандартных решений, умеющий достичь договоренности и успеха в своей инвестиционной деятельности, понимающий ограниченность технического могущества и умеющий применить свой потенциал в работе, определит будущее современного общества.

### Литература

1. Лаптёнок С.А. Системный подход и системный анализ в процессе подготовки специалистов в области инженерной экологии. Химия и инженерная экология. XVI Международная научн. конф. (Казань, 25-27 сентября 2016 года) / – Казань: Фолиант, 2016. – с. 204-206.
2. Савиных В.Н. Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента – М., КноРус, 2009. – 198 с.
3. Фатхутдинов Р.А. Управленческие решения: Учебник. 6-е изд., – М. ИНФРА-М, 2007. – 322 с.
4. Хорева, С.А. Производственный и персональный менеджмент: учебно-методическое пособие / С.А. Хорева, Г.И. Морзак, И.А. Басалай. – Мозырь: Белый Ветер, 2015. – 267 с.
5. Хорева С.А., Басалай И.А. Поиск возможностей и перспектив в системе качества образования технического университета. Высшее техническое образование: проблемы и пути развития. VIII Международная научно-метод. конф. (Минск, 17-18 ноября 2016 года) Ч.2/ редкол.: Е.Н. Живицкая [и др.] Минск: БГУИР, 2016. – с. 254-258.
6. Экономика и социология труда: учеб. для вузов /Б. М. Генкин. – 7-е изд., доп. – М.: Норма, 2007. – 448 с.



## Содержание

<i>Ляшенко И.В.</i> Приветственное слово .....	3
<i>Басалай Г.А.</i> Повышение эффективности работы тоннелепроходческого комплекса .....	4
<i>Басалай И.А.</i> Применение торфосапропелевых грунтов на основе экскавируемых пород от тоннелепроходческих комплексов для рекультивации карьеров .....	7
<i>Войтов И.В., Гипчик В.И., Косьянов В.А., Мамчик С.О., Черепанский М.М.</i> Состояние разработки и внедрения эффективных и безопасных технологий и аппаратурно-программного обеспечения для геологического изучения и освоения недр России и Беларуси .....	12
<i>Войтов И.В., Мамчик С.О.</i> О межгосударственной программе государств-членов ЕАЭС «Разработка технологий повышения эффективности добычи полезных ископаемых и глубины переработки минерального сырья» (Минеральное сырье) .....	17
<i>Войтов И.В., Мамчик С.О.</i> Научно-технологическое обеспечение развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь .....	21
<i>Грабский А.А., Бобин В.А., Бобина А.В., Фомин С.А.</i> Горные машины гироскопического действия – основа эколого-безопасного природопользования при разведке и подземной добыче алмазов, угля и метана .....	25
<i>Грабский А.А., Рожков А.А.</i> Системные проблемы и стратегические направления технологического развития угольной промышленности России .....	29
<i>Журавков М.А.</i> Актуальные современные проблемы геомеханики месторождений калийных солей Беларуси .....	33
<i>Ковхуто А.М.</i> О способах увеличения инвестиционной привлекательности проектов разведки и разработки месторождений минерального сырья и переработки промышленных отходов .....	40
<i>Кологривко А.А.</i> Отходы калийных предприятий: реализация мер по снижению техногенеза .....	44
<i>Крутько Н.П., Шевчук В.В., Ивашкевич О.А., Рахманов С.К.</i> О создании в Республике Беларусь инновационных научно-технических структур в области добычи и переработки минерального сырья и производства минеральных удобрений .....	48
<i>Лаптёнок С.А., Кологривко А.А., Кахаров С.К., Джураев А.О.</i> Методы оценки корреляции сопряженных признаков как инструмент анализа многофакторных воздействий .....	51

<i>Лаптёнок С.А., Кологривко А.А., Раббимов Х.Т.</i> Обоснование принимаемых решений методом экспертного оценивания .....	58
<i>Лаптёнок С.А., Минченко Е.М.</i> Роль системного подхода и системного анализа в подготовке специалистов с высшим образованием .....	62
<i>Лаптёнок С.А., Невгин А.Д.</i> Пространственно-атрибутивная категоризация геоэкологических данных в целях оценки уровней эколого-эпидемиологических рисков .....	67
<i>Левицкий И.А.</i> Исследование минерального и техногенного сырья Республики Беларусь с целью использования в производстве керамических материалов и стеклоизделий .....	70
<i>Левицкий И.А., Хоружик О.Н., Костик Е.А.</i> Использование гранитоидных отсеков для получения клинкерных изделий .....	73
<i>Лиштван И.И., Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Макаренко Т.И., Лис Л.С., Кунцевич В.Б.</i> Задачи комплексного использования торфяных ресурсов Республики Беларусь .....	76
<i>Москальчук Л.Н., Леонтьева Т.Г., Баклай А.А., Маковская Н.А.</i> Наноструктурированные алюмосиликатные сорбенты радионуклидов на основе глинисто-солевых шламов для ядерной энергетики .....	80
<i>Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Машерова Н.П.</i> Применение шунгита для очистки сточных вод от нефтепродуктов .....	84
<i>Плескунов И.В.</i> О разработке реестра цифровых технологий в горнопромышленной сфере .....	89
<i>Прушак В.Я.</i> Создание современной высокопроизводительной техники для добычи и переработки полезных ископаемых .....	95
<i>Санакулов К.С., Бахронов Х.Ш., Ахматов А.А.</i> Новые вихревые аппараты для решения экологических проблем в металлургии .....	101
<i>Терещенко И.М., Войтов И.В., Дормешкин О.Б., Кравчук А.П., Жих Б.П.</i> Синтез растворимых и нерастворимых силикатов щелочных металлов на основе техногенного кременеземистого сырья и разработка технологий получения продуктов из них .....	107
<i>Тренин А.Д., Ежов А.И.</i> Разработка стандарта оценки отходов горно-металлургического производства .....	113
<i>Хорева С.А., Басалай И.А.</i> Влияние реформ высшей школы на изменение системы ценностей в сфере образования .....	117

Научное издание

## МАТЕРИАЛЫ

научно-практической конференции  
«СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИННОГО И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ,  
ЭКОЛОГО-БЕЗОПАСНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ  
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА»

В авторской редакции

Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*

Дизайн обложки *П. П. Падалец*

Подписано в печать 30.08.2019. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 7,18. Уч.-изд. л. 7,24.

Тираж 65 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/227 от 20.03.2014.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.