

ЭКОЛОГІЯ

УДК 504:568.567

*А.М. Касимов, д. т. н., профессор,

*И.В. Удалов, к. т. н., доцент,

***И.В. Сталинская, к. т. н.,

*ГП «Украинский научно-технический центр

металлургической промышленности «Энергосталь»,

**Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина,

***Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А. Н. Бекетова

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье описаны условия и особенности накопления в Украине крупнотоннажных отходов топливно-энергетического комплекса и химической промышленности. Описаны технологические предпосылки накопления в промышленно развитых регионах Украины большого количества крупнотоннажных отходов и выявлена стойкая тенденция их роста. Указано, что промышленные отходы зачастую содержат тяжёлые, редкие и редкоземельные металлы в количествах, дающих возможность оценивать их как техногенные месторождения. Приведен опыт использования крупнотоннажных отходов топливно-энергетического комплекса и химической промышленности в странах Евросоюза и США. Отмечены тенденции накопления токсичных промышленных отходов на предприятиях Украины за последние 15 лет. Выявлено, что для утилизации из золошлакоотвалов ценных компонентов необходимо знание химического и фазово-минералогического состава отходов, который определяется составом минеральной части исходного топлива и способом его сжигания. При этом отходы, находящиеся в золошлакоотвалах предприятий топливно-энергетического комплекса являются своего рода концентраторами элементов, содержащихся в топливе. Проанализирован опыт использования фосфогипса в странах Евросоюза. Доказана экономическая эффективность использования фосфогипса в качестве добавок в строительные смеси, и при изготовлении декоративных плит и крупноразмерных листовых материалов для отделки помещений. Предложены технологические схемы использования фосфогипса с экономически обоснованным периодом окупаемости 2-2,5 года.

Ключевые слова: промышленная энергетика, химическая промышленность, крупнотоннажные отходы, утилизация ценных компонентов, защита окружающей среды, токсичные отходы, редкие и тяжёлые металлы, фосфогипс, технический оксид ванадия, аппаратно-технологические схемы, строительные материалы и изделия.

А. М. Касимов, И. В. Удалов, И. В. Сталинская. К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. У статті описані умови і особливості накопичення в Україні великотоннажних відходів паливно-енергетичного комплексу та хімічної промисловості. Описані технологічні передумови накопичення в промислово розвинених регіонах України великої кількості великотоннажних відходів і виявлена стійка тенденція їх росту. Зазначено, що промислові відходи найчастіше містять важкі, рідкісні та рідкісноземельні метали в кількостях, що дають можливість оцінювати їх як техногенні родовища. Наведено досвід використання великотоннажних відходів паливно-енергетичного комплексу і хімічної промисловості в країнах Євросоюзу і США. Відзначені тенденції накопичення токсичних промислових відходів на підприємствах України за останні 15 років. Виявлено, що для утилізації з золошлаковідвалів цінних компонентів необхідно знання хімічного і фазово-мінералогічного складу відходів, який визначається складом мінеральної частини вихідного палива і способом його спалювання. При цьому відходи, що знаходяться в золошлаковідвалах підприємств паливно-енергетичного комплексу є свого роду концентраторами елементів, що містяться в паливі. Проаналізовано досвід використання фосфогіпсу в країнах Євросоюзу. Доведено економічна ефективність використання фосфогіпсу в якості добавок в будівельні суміші, і при виготовленні декоративних плит і великогабаритних листових матеріалів для обробки приміщень. Запропоновані технологічні схеми використання фосфогіпсу з економічно обґрунтованим періодом окупності 2-2,5 роки.

Ключові слова: промислова енергетика, хімічна промисловість, великотоннажні відходи, утилізація цінних компонентів, захист навколишнього середовища, токсичні відходи, рідкі і важкі метали, фосфогіпс, технічний оксид ванадію, аппаратно-технологічні схеми, будівельні матеріали і вироби.

Актуальность проблемы. Одним из ведущих показателей устойчивости государства является способность организовать переработку генерируемых им отходов и сокращение потребления не возобновимых природных ресурсов. В начале двадцать первого века в мире продолжается резкий рост потребления, начавшийся в середине двадцатого века. Это привело к значительному увеличению объемов образования промыш-

ленных отходов (ПО). Для всех отраслей экономики особую значимость приобретает использование ценных компонентов, входящих в их состав.

На предприятиях Украины из 2–2,5 млрд т/год используемых природных ресурсов около 85% превращается в ПО. Они размещены в шламонакопителях (ШН), терриконах, полигонах, площадь которых составляет ~ 180 тыс. га и уве-

личивается на 3–6 тыс. га/год. Основными источниками образования ПО являются: более 3500 предприятий энергетической, химической отраслей промышленности, горно-металлургического комплекса. Общий объем накопленных в Украине ПО составляет более 38 млрд т. Удельный вес ресурсоемких отраслей в экономике Украины составляет 61% валового внутреннего продукта, в то время как в странах ЕС он равен ~ 34% [1–5].

Анализ публикаций и постановка задачи.

Анализ ситуации, сложившейся в Украине с промышленными отходами позволяет утверждать, что только при условии соблюдения следующих принципов, может быть достигнут качественно новый уровень управления ПО:

- система обращения с ПО – неотъемлемая часть общегосударственной системы управления экономической деятельностью;
- ресурсная и экологическая политика должны быть сбалансированы на микро- и макроуровнях управления промышленностью;
- ресурсно-ценные ПО вовлекаются в процесс утилизации за счет замкнутых ресурсных циклов;
- ресурсно-экологические проблемы с ПО предприятий учитываются в прединвестиционных и приватизационных процессах, для комплексной

оценки рисков, с учетом результатов экологического аудита.

Выявлено, что основными причинами сложившейся в стране ситуации являются:

- недооценка долговременных технических, социально-экономических и эколого-гигиенических последствий накопления промышленных, опасных (ОпО) и токсичных (ТО) отходов (рис. 1);
 - нарушение всех возможных экологических нормативов в части обращения с ПО, несовершенство системы управления ими на уровне предприятий, регионов и государства;
 - неэффективность экономических механизмов стимулирования частных и государственных предприятий при решении экологических проблем;
 - неразвитость инфраструктуры систем сбора, утилизации, обезвреживания и хранения ПО, ОпО и ТО и комплексов по их переработке;
 - старение и частичная потеря научно-технической и производственной базы для создания новых объектов, практического опыта и квалифицированных кадров.
- Энергетика Украины включает промышленные ТЭС, установки коммунальной энергетики, районные котельные, автономные теплоцентрали. Для них характерен весьма низкий уровень эколого-экономических показателей.

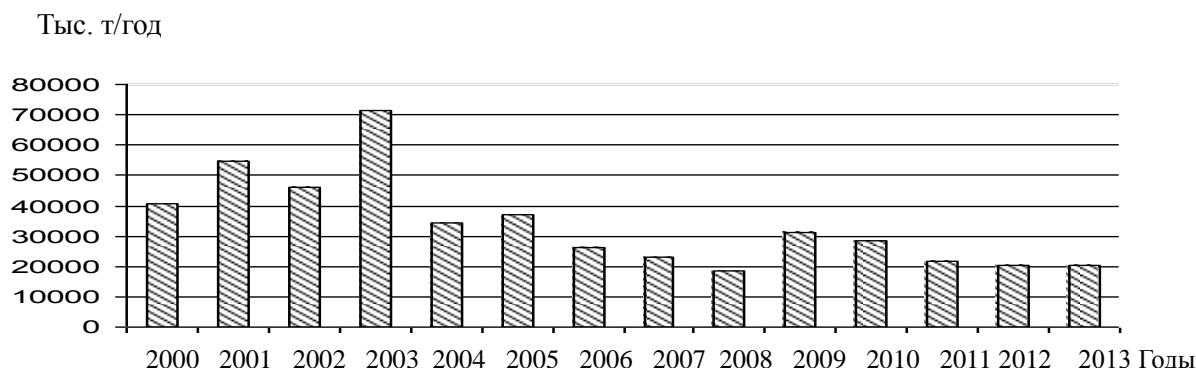


Рис. 1. Объемы ПО 1–III классов опасности (КО) на предприятиях Украины

Отмечено, что более 80% всех видов загрязнения биосферы обусловлены собственно производственной деятельностью энергетической сферы. В структуре использования ископаемых энергоресурсов ~ 45 % составляет нефть, 18 % – природный газ, 37 % – уголь.

На рис. 2 приведена схема размещения предприятий промышленной энергетики на территории Украины. Известно, что доля ТЭС в энергетическом комплексе Украины составляет 67,5 %. Особенности влияния ТЭС на окружающую природную среду (ОПС) различны. Им присуща многофакторность: одновременное воздействие на атмосферу, гидросферу, лито- и биосферу; ра-

знообразии характера воздействия – отчуждение территорий, в том числе сельхозугодий, искажение ландшафта, физическое и химическое загрязнение [7–9].

Выявлено, что для утилизации из золошлакоотвалов ценных компонентов необходимо знание химического и фазово-минералогического состава ЗШО, который определяется составом минеральной части исходного топлива и способом его сжигания. При этом ЗШО являются своего рода концентраторами элементов, содержащихся в топливе [6, 8]. Химический состав ЗШО представлен оксидами SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO с незначительными примесями MgO , и щелочей

Na_2O и K_2O , серы, частичками карбидов металлов, частичками кокса, несгоревшими частичками угля [9, 10]. Золошлаковый материал отвалов украинских теплоэлектростанций: Змиевской, Углегорской, Трипольской и Ново-Мироновской ТЭС, которые работают в основном на углях Западного Донбасса, характеризуется высоким содержанием кремнезёма, умеренным – железа и глинозёма, низким – Ca, Na, K. Как правило, ЗШО содержат, % масс [6]: SiO_2 – 50–58; Al_2O_3 – 18–25; Fe_2O_3 – 11–17; K_2O – 2,3–4,1; Na_2O – 0,5–1,35; TiO_2 – 0,9–1,1; CaO – 1,5–3,7; MgO – 1,7–3,1; P_2O_5 – 0,09–1,70; S – 0,6–0,5; Cl – 0,01–0,11. Приведенные данные согласуются со сведениями о химическом составе золы, получаемой при сжигании углей Донбасса [3, 5, 6]. Золошлаковый материал обследованных в работе [7, 12] залежей содержит широкий спектр соединений цветных, редких и рассеянных металлов.

Установлено, что при использовании украинских углей возникают дополнительные экологические проблемы, связанные с высоким содержанием в них серы (3–5 %), высокой зольностью энергетических углей (40–60 %), дающих основную массу отходов и выбросов ТЭС (≤ 77 %). При этом, для данного вида топлива характерно наличие примесей токсичных элементов и соединений, таких как: Hg, As, Pb и др., что создает критические экологические ситуации в промышленных центрах Украины (рис. 3). Изучение химического состава углей и вмещающих пород северного и северо-восточного Донбасса, а также размещения отвалов углепородных масс и золы этих углей позволило построить карты размещения техногенных месторождений ценных элементов (ТеМ), которые можно извлечь с использованием технологий предлагаемых авторами данной статьи и данных [5, 6].

Одним из направлений утилизации ценных компонентов из ПО предприятий промышленной энергетики Украины могут стать технологии извлечения редких и тяжелых металлов (РТМ) из зольных остатков (ЗОСТ), образующихся на ТЭС при сжигании высокосернистых мазутов, содержащих ($\text{V}_2\text{O}_5 \leq 22$ %, $\text{NiO} \leq 5$ %), разработанные авторами данной статьи [3, 4].

Разработанную схему получения товарного технического оксида ванадия (ТОВ) можно разделить на 4 стадии (рис. 4).

1 – подготовка сырья. Ванадийсодержащие шламы, пылевые отходы, твердые и пастообразные продукты подвергают первичной подготовке к извлечению соединений ванадия – измельчению. Данная операция проводится в мельнице сухого помола до фракции 0,15–0,074 мм совместно с дозируемой окислительной добавкой при массовом соотношении 1:0,3. Затем шихту гра-

нулируют с получением окатышей фракции 2–10 мм;

2 – окислительный обжиг гранулированной шихты в барабанной печи при $T=650\text{--}700^\circ\text{C}$. Образующиеся в процессе газы поступают на очистку, а обожженная шихта – на измельчение до фракции 0,15–0,074 мм в размольно-смесительные бегуны;

3 – двух стадийное водное и кислотное выщелачивание шихты. Водное выщелачивание ведут в агитаторах при $T=70\text{--}90^\circ\text{C}$ и $T:Ж=1:4,5$ с последующей фильтрацией суспензии в вакуум-фильтрах. Твердую фазу направляют на кислотное выщелачивание в агитаторах при $T=70\text{--}90^\circ\text{C}$ и $T:Ж=1:4,5$ с последующей фильтрацией суспензии в вакуум-фильтрах. При этом твердую фазу направляют в отвал. Жидкая фаза водного и кислотного выщелачивания смешиваются до значения рН среды 2–2,3. Жидкая фаза поступает на высокотемпературный гидролиз в парокapельных струях смешенного ванадийсодержащего раствора при $T=110\text{--}130^\circ\text{C}$ с последующим сгущением образовавшегося пентаоксида ванадия (ТОВ) в сгустителе. Затем смесь фильтруют, жидкую фазу направляют на досаждение ТОВ и далее на нейтрализацию и сброс;

4 – получение плавного ТОВ и феррованадия. Твердый ТОВ после фильтрации и сушки поступает на плавку в циклонную печь и далее на грануляционный стол, упаковку, взвешивание и отгрузку потребителю.

В конце XX века ускоренное развитие химической промышленности Украины на основе концепции экстенсивного производства привело к образованию крупнотоннажных ПО, накапливаемых в ШН, отвалах, терриконах.

По данным статистической отчетности в начале XXI в. на предприятиях Украины образовывалось ~ 100 млн т/год ТО, из них I–III КО 2,5–3,5 млн т/год. Выявлено, что уровень использования ТО составляет 15–20 %, объем уничтожения ~ 1 %. Отмечено, что объем накопленных ТО в Украине достиг $\approx 4,4$ млрд. т. Текущие затраты на их удаление и хранение составляют 350–580 млн грн/год. На территории Украины насчитывается более 300 накопителей ТО, построенных без специальных мероприятий по защите ОПС и имеющих реальную экологическую опасность, в случае возникновения нештатной ситуации.

Анализ результатов исследований [18, 19] показывает, что в промышленных отходах, которые используются для изготовления стройматериалов в зарубежных странах, удельная активность колеблется в широких пределах (от 7 до 4700 Бк/кг). В большинстве случаев существенный вклад в величину эффективной удельной активности вносят ^{238}U и ^{232}Th , ^{40}K – в меньшей



Рис. 2. Объекты промышленной энергетики на территории Украины

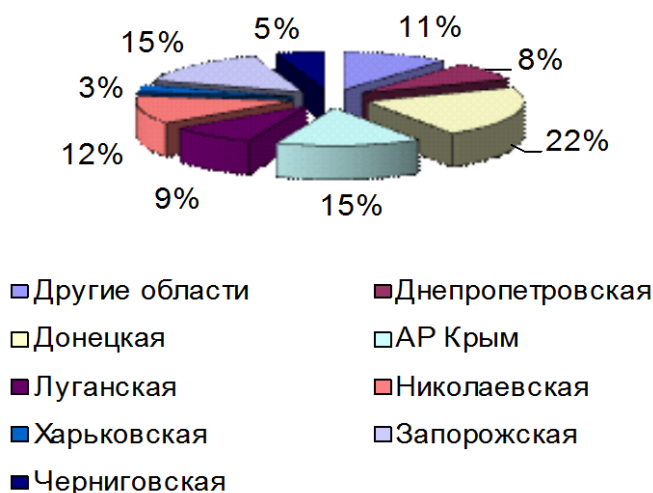


Рис. 3. Образование отходов 1-П КО на территории Украины

степени. Во многих странах обнаружена высокая удельная активность радионуклидов в золах и шлаках. Высокая удельная активность ЕРН характерна для фосфогипса, а также для красного шлама, получаемого при производстве алюминия из бокситов [99]. Годовое производство фосфогипса в мире составляет $9 \cdot 10^{10}$ кг, что превышает производство гипсовых вяжущих из природного гипса, а средняя концентрация в нём ^{226}Ra составляет около 900 Бк/кг [18].

Ниже рассмотрены проблемы, связанные с длительным действием объектов накопления крупнотоннажных ПО в промузле «Армянск – Краснопереконск» на территории ОАО «Крымский титан» (рис. 5).

Хорошо известно, что проблема утилизации фосфогипса (ФГ) в мировой практике окончательно не решена. ФГ вывозят или перекачивают в виде водной суспензии за границы предприятий и собирают в специально отведенных местах – накопителях. Длительное время этой проблеме не уделялось должного внимания, что привело к образованию огромных запасов лежалого ФГ. Использование ФГ в производстве изделий строительной индустрии, а также для получения перспективных направлений в утилизации этого массового вида отходов предприятия.

Анализ мирового опыта использования ФГ в строительстве показывает, что он является наиболее прогрессивным строительным материалом

и применяется в таких странах, как ФРГ, Франция, Англия, Япония и США, где его производство и применение составляет от 60 до 70 кг в год на одного жителя [11, 13–15]. В этих странах из него изготавливают шпатлевочные, штукатурные смеси, составы для огнезащиты стальных конструкций, звуко-теплоизоляционные изделия, де-

коративные плиты и крупноформатные листовые материалы для отделки помещений: сухая гипсовая штукатурка, гипсокартонные, перегородочные плиты и панели, основания под полы, санитарно-технические и вентиляционные блоки, а также панели для возведения наружных стен.

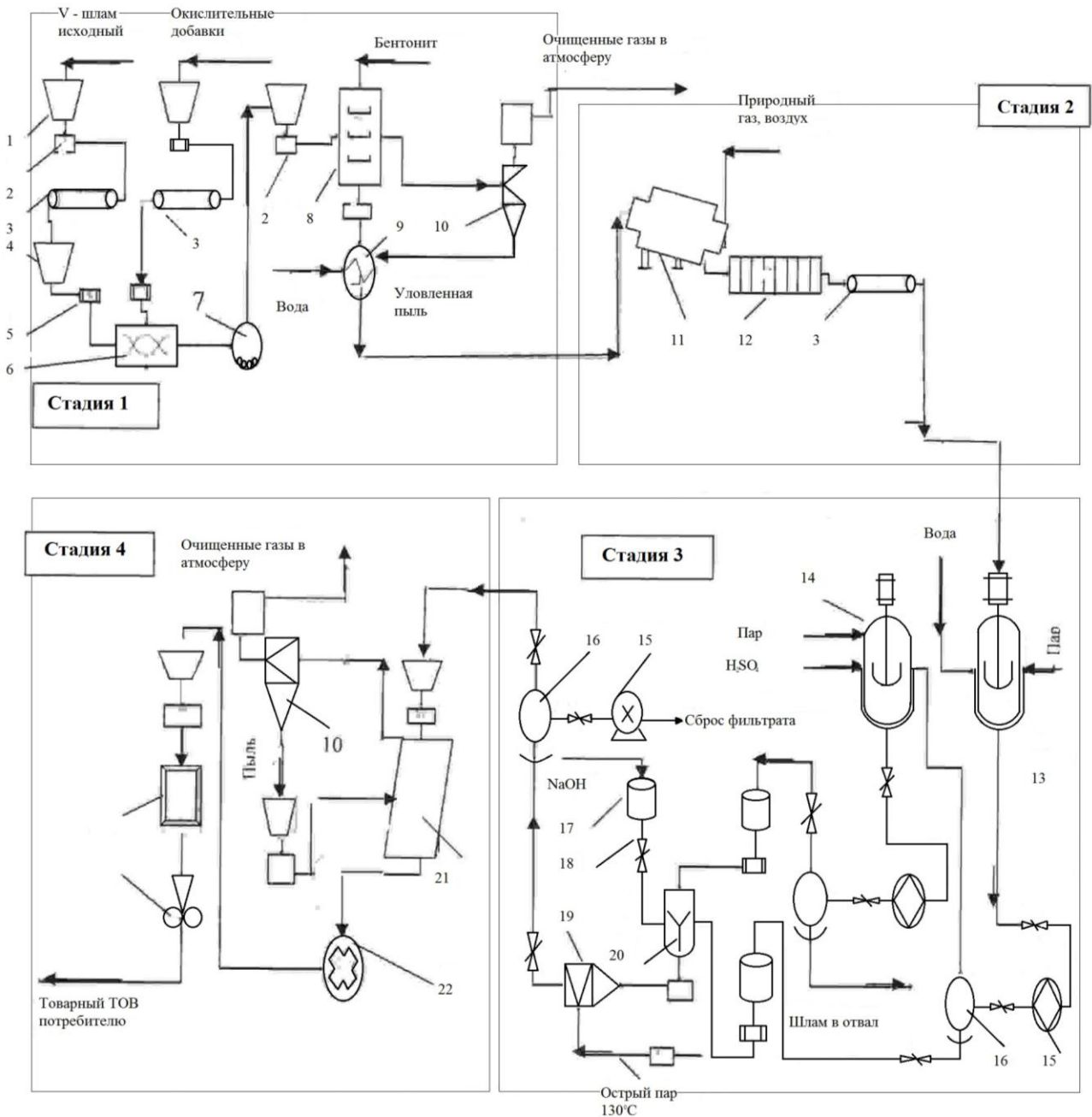


Рис. 4. Аппаратурно-технологическая схема процесса утилизации ванадийсодержащих отходов с получением товарного технического оксида ванадия:

- 1 – бункера ванадиевого сырья и окислительных добавок; 2 – питатель; 3 – конвейер; 4 – расходный бункер; 5 – дозатор; 6 – смеситель; 7 – мельница сухого помола; 8 – узел приготовления шихты; 9 – гранулятор чашевый; 10 – газоочистка; 11 – обжиговая барабанная печь; 12 – бегуны размольно-смесительные; 13 – реактор водного выщелачивания; 14 – реактор кислотного выщелачивания; 15 – насос центробежный; 16 – вакуум-фильтр барабанный; 17 – насос шламовый; 18 – задвижка запорно-регулирующая; 19 – струйный реактор; 20 – смеситель-дозатор; 21 – плавильная электропечь; 22 – грануляционный стол; 23 – весы; 24 – упаковочная машина

Для сравнения, в США перерабатывается 2–3 % ФГ, в Германии – 15–20 %, в странах СНГ – 18–20 %. В Японии его переработка достигает очень высоких показателей (до 100 %). Страны, обладающие природным запасом гипсового камня, не слишком заинтересованы в переработке отходов, т.к. изготавливать гипсовое вяжущее из природного сырья проще, и, что немаловажно, дешевле. Анализ данных показывает, что гипсобетонные стены в условиях малоэтажного строительства, особенно сельского, на 10–15 % экономичнее (в расчете на 1м²) стен из глиняного кирпича и керамзитобетонных панелей. При этом производство их на 30–60 % менее энергоемко [16, 17].

Известно, что фосфогипс (ФГ) – отход производства минеральных удобрений, пастообразный продукт 1V КО, пожаро- и взрывобезопасен, объем накопления в настоящее время – 612092 т,

гигроскопичен, слеживается, плотность – 1,2 г/см³. К основным характеристикам ФГ относится то, что он малотоксичен, класс опасности – 4, содержание основных компонентов, % масс.: CaSO₄ – 93, P – 0,1, F_{общ} – 0,2–0,5, F_{в/р} – 0,05–0,17, влажность – 39–40. Содержание остальных компонентов в ФГ, % масс.: SiO₂ – до 1; Na₂O, K₂O – до 1; РЗЭ (90 % – цериевой группы) – до 1. Содержание тяжелых металлов мг/кг, не более: Pb – 10; Co – 20; Ni – 100; Mn – 100. Суммарная радиоактивность ФГ – менее 370 Бк/кг.

Образование ФГ в количестве 2,5 т на 1 т аммофоса при существующем процессе работы на апатитовом концентрате рационально. Однако утилизация его в количестве 4,9 % объема образования крайне неэффективна и требует решений по утилизации накопленных объемов, и общему снижению объемов образования ФГ на единицу выпускаемого аммофоса.

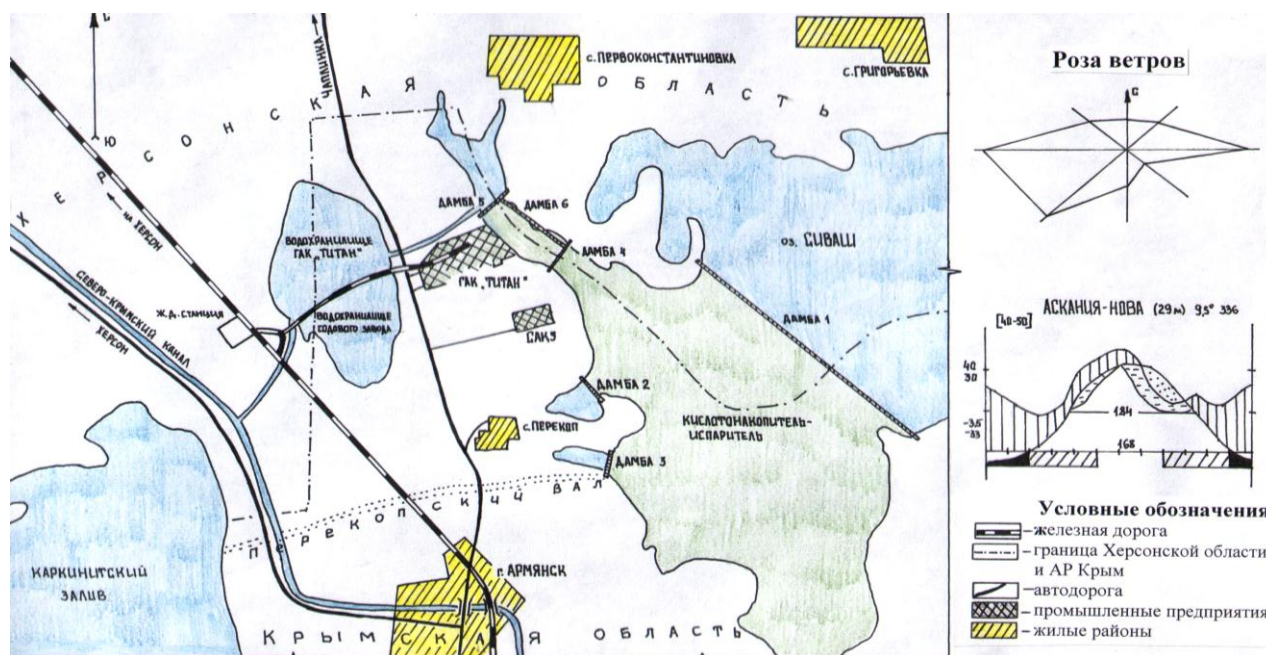


Рис. 5. Ситуационный план размещения предприятия «Крымский титан»

Гидролизная кислота – жидкий отход (шлам) производства диоксида титана, токсичен, раздражает кожу, П КО, объем накопления – 704 253 т. Состав, % масс.: Fe – 2,88, Ti – 0,41, H₂SO₄ – 18,99. Частично утилизируется в основных цехах. Остальной объем сбрасывается в кислотонакопитель (КН).

Фосфогипсохранилище площадью 25 га представляет собой углубленное место удаления ПО открытого типа, наливное, построенное с устройством дренажного стока в период атмосферных осадков.

Кислотонакопитель (КН) является областью, разгрузки всех водоносных горизонтов, а также

сборником всех сточных вод предприятия. Изоляционный экран на дне отсутствует, образован естественный экран в виде корки ярозита. Общая площадь водного зеркала при нормальном уровне – 43 км². Предназначен для приема промстоков предприятия, содержащих гидролизную и промывную кислоту, черный шлам, железный купорос, сернокислый натрий.

Исследования показывают, что усредненный состав промстоков предприятия следующий, г/дм³: сухой остаток – 75, хлориды – 1,25, сульфаты – 14,6, Fe(2) – 3,2, TiO₂ – 1,1. Микрокомпоненты, мг/дм³: фтор-ион – 1,9, As – 0,025, P₂O₅

– 4,2, рН среды – 1,25, свободная кислота – 1,12 % (рис. 6).

Выявлено, что интерес представляет производство гипсовых вяжущих и изделий на их основе из ФГ, являющегося не отходом, а скорее вторичным сырьем. В настоящее время 90 % внутреннего рынка занимают импортные сухие строительные смеси (ССС). Несмотря на низкий уровень потребления ССС на Украине – 2–3 кг/чел (в развитых странах – 8–9 кг), объемы

потребления ССС в стране будут ежегодно расти на ~ 10 %. На основе разработанной технологии предлагается производить ССС по ТУУ.В. 2.7.-21-146-97 для отделочных строительных работ. В состав смеси входят: ФГ – вяжущее, известковая крошка или песок, гашеная известь, эфирметилцеллюлоза. Установлено, что эколого-экономически целесообразно строительство заводов производительностью 10000 т/год ССС [1,2].

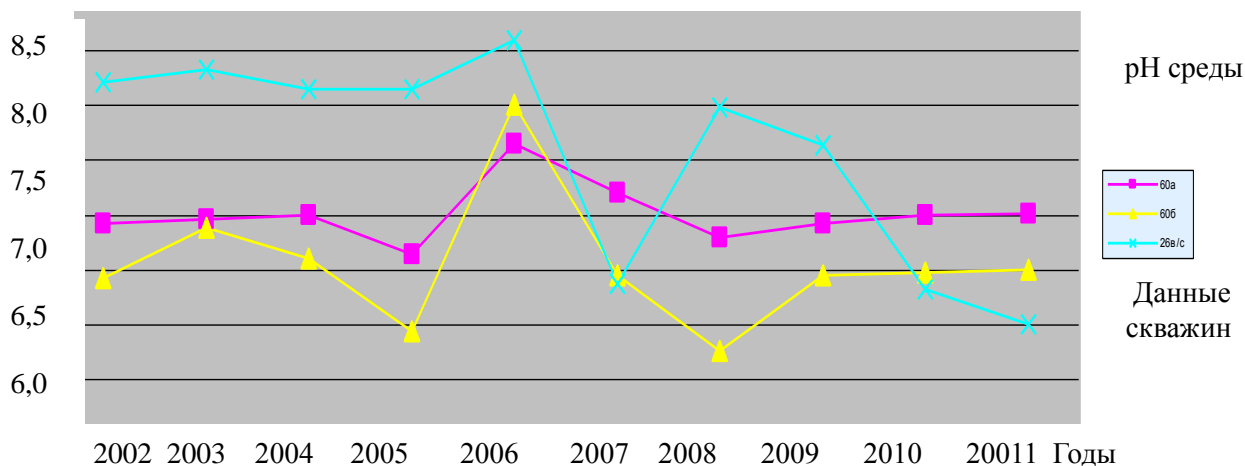


Рис. 6. Динамика значений pH в подземных водах в районе КН.

Отмечено, что высокие эксплуатационные и экономические показатели гипсовых материалов и изделий, большой трудо-энергосберегающий эффект при их производстве и применении, сравнительно низкая капиталоемкость конечной продукции, а также определенный дефицит в этих материалах и изделиях послужили основанием для разработки технологии вяжущих и изделий из ФГ.

Известно, что добавление ФГ в сырьевые смеси перед обжигом при изготовлении портландцементного клинкера в количестве 2–5 % сухой массы приводит к ряду положительных явлений, таких как:

- возрастание предела прочности при сжатии изделий;
- более быстрое протекание физико-химических процессов при обжиге клинкера;
- снижение требуемой температуры обжига клинкера на 80–100 °С;
- уменьшение содержания неусвоенного оксида кальция;
- уменьшение нормальной плотности цементного теста с соответствующим сокращением расхода воды.

Определено, что основными методами подготовки являются:

- промывка водой;

- промывка в сочетании с нейтрализацией и осаждением примесей в водной суспензии;
- термический метод: обжиг до растворимого ангидрита с последующей гидратацией;
- введение регулирующих кристаллизацию добавок до и после обжига;
- нейтрализация в суспензии извести.

Одной из проблем при использовании ФГ является его длительное хранение. Определено, что для кондиционирования лежалого ФГ возможно применение известкового молока из извести строительной (содержание CaO + MgO ≥ 80 %) с концентрацией 100,0 г/дм³. Рассчитано, что для успешного начала производственной деятельности (например, производства стеновых панелей) предприятию необходимо иметь следующие компоненты (т/т готовой продукции): щебень – 0,12; известь 0,13–0,15; зола 0,3–0,35; ПАВ – 0,09; ФГ – 0,8–0,9; электроэнергия – 35 кВт·ч; вода – 0,09 м³; пар – 0,05 Гкал. Срок окупаемости предприятия составит – 2,1 года.

Для производства сухих гипсовых строительных смесей необходимы компоненты (т/т готовой продукции): ФГ – 0,45–0,5; наполнитель (известковая крошка фракции 0–1,25 мм) – 0,45–0,5; известь гашеная – 0,01–0,03; химические добавки – 0,001–0,003; газ природный – 9 м³; электроэнергия – 15 кВт·ч; сжатый воздух – 21 м³; дизельное топливо – 0,07кг. Срок окупаемости предприятия – 2,3 года.

Для производства гипсового вяжущего необходимы компоненты (на 1 т готовой продукции): ФГ – 1,3 т; лигносульфонат сухой – 2 кг; вода – 0,01 м³; газ природный – 65 м³; электроэнергия – 75 кВт·ч; сжатый воздух – 70 м³. Срок окупаемости предприятия – 2,1 года.

Выводы

1. Основными источниками образования крупнотоннажных ПО являются предприятия промышленной энергетики, химической промышленности. Одним из направлений утилизации и переработки ценных компонентов из отходов предприятий промышленной энергетики Украины могут стать технологии извлечения редких и тяжелых металлов из зольных остатков ТЭС.

2. В статье описана технология переработки зольных остатков образующихся на ТЭС при

сжигании высокосернистых мазутов, содержащих $V_2O_5 \leq 22\%$, $NiO \leq 5\%$, разработанные в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» с партнерами.

3. С позиций охраны окружающей среды и экономии природного сырья интерес представляют предлагаемые в статье технологии производства гипсовых вяжущих и изделий на их основе из фосфогипса, являющегося крупнотоннажным вторичным сырьем.

4. Проанализирована возможность переработки отходов предприятия ОАО «Крымский титан», с разработкой технологии производства вяжущих и изделий из фосфогипса.

5. Приведены кондиционные характеристики необходимые для производства сухих гипсовых строительных смесей, известкового молока, известки строительной, гипсового вяжущего с расчетами по окупаемости.

Литература

1. Воеводин, В.Н. Региональные проблемы экологической безопасности при горнопромышленном производстве в Украине [Текст] / В.Н. Воеводин // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*, 2006. – № 1. – С. 5–16.
2. Капинус, Е.И. Извлечение цветных металлов из золы и шлака каменного угля Донбасса с помощью соляной кислоты [Текст] / Е.И. Капинус, С.А. Шпильный, А.К. Щеголев // *Экотехнологии и ресурсосбережение*, 2000. – № 6. – С. 21–26.
3. Касимов, А.М. Воздействие накопителей промышленных отходов на окружающую среду [Текст] / А.М. Касимов, В. Ю. Джафаров // *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*, 2004. – Вып. 5. – С. 64–67.
4. Касимов, А.М. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами [Текст] / А.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань, В.В. Мясоедов – Х.: ХНАГХ, 2008. – 511 с.
5. Касимов, А.М. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами: монография [Текст] / А.М. Касимов, Л.Л. Товажнянский, В.И. Тошинский, Д.В. Сталинский; под ред. А.М. Касимова – Х.: Изд. Дом НТУ «ХПИ», 2009. – 512 с.
6. Касимов, А.М. Эколого-экономические методы сокращения ущерба окружающей среде, наносимого накопителями отходов [Текст] / А.М. Касимов, И.В. Удалов // *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна, серія: «Геологія. Географія. Екологія»*, 2014. – Вып. 41. – С. 133–139.
7. Коваленко, Г.Д. Радиоэкология Украины: монография [Текст] / Г.Д. Коваленко, К.Г. Рудя // Киев: Издательско-полиграфический центр «Київський університет», 2001. – 167 с.
8. Ковалёв, А.А. Экологическая опасность золошлаковых отходов предприятий промышленной энергетики [Текст] / А.А. Ковалёв, В.Б. Коханенко // *Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов: матер. V междунар. научно-практ. конф. при участии молодых учёных и студентов*. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – С. 88–90.
9. Мінка, С.В. Екологічний захист територій шляхом використання золошлаків ТЕС у технології виробництва залізобетону [Текст] / С.В. Мінка, Н.М. Єршова // *Система обробки інформації*, 2009. – Випуск 3(77). – С. 146–149.
10. Никитин, А.Н. Шламовые отходы тепловых электростанций – источники загрязнения атмосферного воздуха и потенциальные ресурсы минерального сырья [Текст] / А.Н. Никитин, Е.В. Ермакова // *Известия ТулГУ. Серия Физика*, 2006. – Вып. 6. – С. 96–111.
11. Панов, Б.С. Некоторые вопросы экологической минералогии Донецкого бассейна [Текст] / Б.С. Панов. – *Минералогический журнал*, 1993. – Т. 15, № 6. – С. 43–50.
12. Рекомендации по применению в бетоне золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций [Текст] / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1986. – 80 с.
13. Семиноженко, В.П. Промышленные отходы: проблемы и решения [Текст] / В.П. Семиноженко, Д.В. Сталинский, А.М. Касимов // *Монография*. – Х.: Изд. «Индустрия», 2011. – 544 с.
14. Сергеев, А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности [Текст] / А.М. Сергеев. – К.: Будівельник, 1984. – 120 с.
15. Соловей, В.В. Технология утилизации золошлаковых отходов твёрдотопливных электростанций [Текст] / В.В. Соловей, И.А. Воробьёва, Т.В. Воловина // *Сотрудничество для решения проблемы отходов: материалы III международной конференции*. – Х., 2006. – С. 142.
16. Челядин, Л.І. Техногенні матеріали та їх утилізація і вплив на екологію регіону [Текст] / Л.І. Челядин, В.Л. Челядин, В.Я. Тимошенко // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*, 2006. – № 1. – С. 80–86.

17. Шутенко, Л.М. Міський житловий фонд: життєвий цикл і радіаційна безпека [Текст] / Л.М. Шутенко. – К.: Техніка, 2002. – 251 с.
18. Элинзон, М.П. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве строительных материалов [Текст] / М.П. Элинзон, С.Г. Васильков. – М.: Стройиздат, 1980. – 223 с.
19. Янов Н.К. Использование промышленных отходов в строительстве [Текст] / Н.К. Янов. – К.: Будівельник, 1981. – 60 с.

УДК 624.131.3:519.283+550.84

**С. В. Корнєєнко, к. геол. н., доцент,

**Д. Ф. Чомко, к. геол. н., доцент.

**С. Є. Шнюков, д. геол. н., доцент,

*Ф. В. Чомко, доцент,

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ГЕОХІМІЧНІ КРИТЕРІЇ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ІНТЕНСИВНОСТІ ОГЛЕСННЯ ЛЕСОВИХ ҐРУНТІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я УКРАЇНИ

Для оцінки інтенсивності оглеєння лесових ґрунтів в западних морфоскульптурах найчастіше застосовується закисний модуль, який визначається співвідношенням FeO/Fe_2O_3 . Але цей модуль є недостатньо коректним. Головним його недоліком є те, що колоїдні сполуки закисного заліза, які утворюються за надмірного зволоження, є дуже не стійкі і швидко окислюються.

За результатами, отриманими при виконанні комплексних досліджень на опорних ділянках Північно-Західного Причорномор'я, в оглеєних лесових ґрунтах виділені мікро- і петрогенні компоненти. Визначено основні породоутворюючі мінерали і хімічні елементи в гідроморфних оглеєних ґрунтах, в породах перехідної зони і в лесах. Вивчено особливості міграції та концентрації хімічних елементів в лесах і лесових ґрунтах. Розроблено нові принципи і показники якісної та кількісної оцінки інтенсивності оглеєння лесових ґрунтів.

Ключові слова: Північно-Західне Причорномор'є, западні морфоструктури (блюця), деградовані лесові ґрунти, оглеєння, петрогенні компоненти, мікрокомпоненти, інтенсивність міграції і накопичення, геохімічні критерії, якісна і кількісна оцінка.

С. В. Корнєєнко, Д. Ф. Чомко, С. Є. Шнюков, Ф. В. Чомко. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОГЛЕЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ УКРАИНЫ. Для оценки интенсивности оглеения лесовых почв в западных морфоструктурах чаще всего используется закисный модуль, который определяется соотношению FeO/Fe_2O_3 . Но этот модуль недостаточно корректен. Главным его недостатком является то, что коллоидные соединения закисного железа, образующиеся при избыточном увлажнении, очень не устойчивые и быстро окисляются.

По результатам, полученными при выполнении комплексных исследований на опорных участках Северо-Западного Причерноморья, в оглеенных лесовых почв выделены микро- и петрогенные компоненты. Определены основные породообразующие минералы и химические элементы в гидроморфных оглеенных почвах, в породах переходной зоны и в лесах. Изучено миграцию и концентрации химических элементов в лесах и лесовых почвах. Разработаны новые принципы и показатели качественной и количественной оценки интенсивности оглеения лесовых почв.

Ключевые слова: Северо-Западное Причерноморье, западные морфоскульптуры (блюца) деградированные лесовые почвы, оглеение, петрогенные, компоненты, микрокомпоненты, интенсивность миграции и накопления, геохимические критерии, качественная и количественная оценка.

Актуальність досліджень та постановка проблеми

У сучасному ландшафті в лесових породах рівнинних територій Північно-Західного Причорномор'я широко поширені "степові блюця", які належать до категорії остаточно-полігональних западних морфоскульптур [1, 10]. Оглеєння лесових ґрунтів цих структурах відбувається в умовах стійкого гідроморфізму. Оглеєння – складний багатфакторний біогеохімічний відновлювальний процес, який проходить при постійному і стійкому перезволоженні лесів в контурах блюдець при наявності органічної речовини та за участі гетеротрофних анаеробних мікроорганізмів [2, 3]. Оглеєні породи є деградованими відкладами лесових ґрунтів умовах стійкого гідроморфізму. Такі умови виникають внаслідок багато-

факторного біогеохімічного відновлювального процесу, який проходить при постійному і стійкому перезволоженні лесових відкладів в контурах блюдець у анаеробних умовах, при наявності органічної речовини та участі гетеротрофних анаеробних мікроорганізмів [5, 6, 8].

Аналіз публікацій і визначення не вирішених проблем

Оглеєнню лесових порід рівнинних територій Північно-західного Причорномор'я приділяли увагу багато дослідників. Великий внесок у вивчення генетичних типів лесових порід і їх інженерно-геологічних властивостей внесли Бикова В. С., Корнєєнко С. В., Краєв В. Ф., Молодих І. І. та ін. [1, 5, 6, 7, 11].

Вивченню геохімічних процесів, які проходять в лесах в умовах стійкого гідроморфізму, і