© Л.В. Плющ, 2006

УДК 550.84; 504.54.54

Л.В. Плющ

СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В РАЙОНАХ СКЛАДИРОВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Семинар № 10

По данным мировой статистики, потребности современного человека обеспечиваются расходами 20-30 т в год различных видов минерального сырья, из которых в лучшем случае 2-3 % переходят в конечную продукцию. Горнопромышленные предприятия являются наиболее интенсивным источником загрязнения окружающей среды твердыми, жидкими и газообразными отходами. На долю горных отраслей промышленности приходится 70-80 % объема всех отходов.

Отходы минерально-сырьевого комплекса при складировании и захоронении необратимо воздействуют на все компоненты природной среды: воздух, почвы, поверхностные и подземные воды, а также горные породы. Характер такого воздействия определяется с одной стороны, технологией складирования и, с другой - особенностями геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий районов размещения отходов. Это приводит к формированию техногенных массивов.

Складирование отходов производится по нескольким схемам (рис. 1):

I схема - поверхностное складирование, которое, в свою очередь, подразделяются на два способа:

- без устройства специальных конструкций, когда аккумуляция твердых отходов проводится непосредственно на дневной поверхности (а);
- складирование производится в специальные накопители, для которых предусматривается строительство оградительных дамб (гидроотвалы, хвосто - и шламохранилища, золоотвалы) (б).

II схема – приповерхностный способ складирования (первые метры от поверхности) с устройством неглубоких котлованов, в некоторых случаях сопровождающееся строительством невысоких оградительных дамб.

III схема – глубокое захоронение промышленных токсичных отходов (десятки метров).

IV схема – глубинное захоронение радиоактивных отходов.

При захоронении промышленных отходов (III и IV тип накопителя) возникают многочисленные геоэкологические проблемы:

- интенсивное загрязнение подземных вод при захоронении отходов ниже зоны аэрации,
- преобразование пород под воздействием агрессивных промышленных стоков,
- развитие негативных геологических процессов (подтопление и заболачивание территории; набухание пород и снижения их прочности; газовы-

деление; переход пород в плывунное состояние и др.).

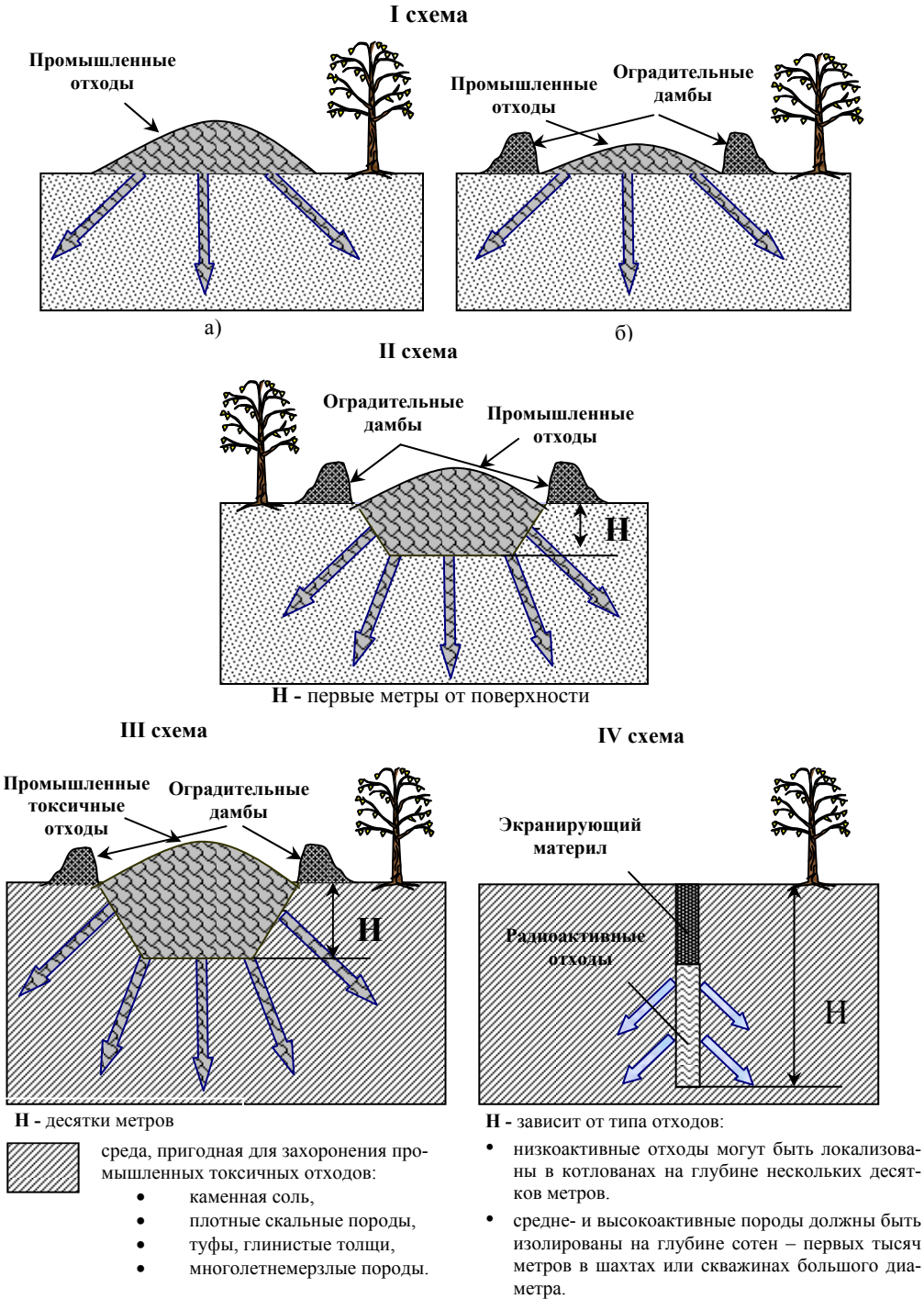


Рис. 1. Принципиальные схемы складирования и захоронения отходов добычи и переработки минерального сырья

Обычно для захоронения промышленных отходов (III и IV тип накопителя) выбирают территории, в разрезе которых прослеживаются относительно непроницаемые, достаточно прочные и устойчивые породы по отношению к воздействию агрессивных сред, например синие кембрийские глины.

Для оценки геоэкологической безопасности размещения и функционирования полигонов глубокого захоронения отходов, кроме особенностей структурно-тектонического стро-ения геологической среды, принципиальное значение приобретают свойства горных пород и их чувствительность к изменению природных условий.

В 60-х годах в связи с возрастающим загрязнением окружающей среды г. Ленинграда и Ленинградской области возникает проблема надежного и эффективного складирования высокоопасных отходов промышленных предприятий.

Решение по созданию полигона по захоронению промышленны отходов в синих кембрийских глинах (рис. 2), базировалось на предположении, что глинистая порода является нетрещиноватой, имеющей низкую фильтрационную способность (коэффициент фильтрации составляет менее 10^{-4}-10^{-8} м/сут), малую диффузионную проницаемость (коэффициент молекулярной диффузии Dм<10^{-7} м^2/сут), высокую сорбционную способность и устойчива при техногенном воздействии. Однако проведенные в настоящее время исследования в СПГГИ (ТУ) доказывают, что синие глины являются трещиновато-блочной средой, имеющей относительно высокую про-ницаемость и уязвимость по отношению к воздействию техногенных факторов.

Тепловыделение отходов приводит к быстрому разогреву прилегающих пород. При температуре более 80 ^{0}С, начинается активное удаление сорбированной воды из глинистой пород, и соответственно термообезвоживание и термоусадка, способствующие появлению дополнительной трещиноватости при более высоких температурах удаление воды из кристаллической решетки.

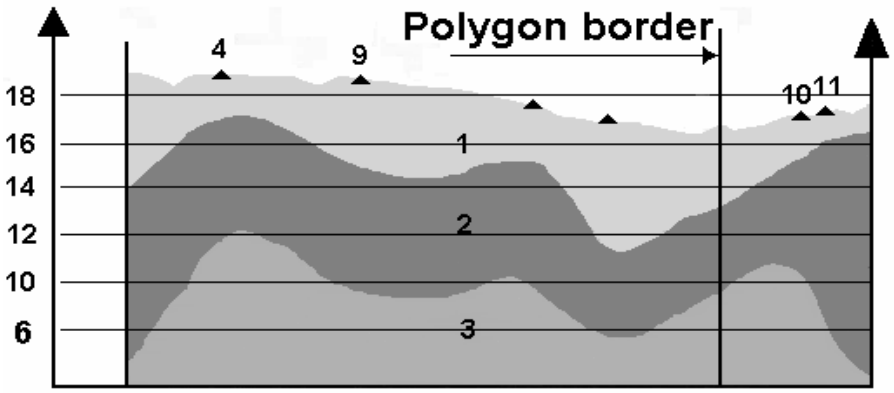
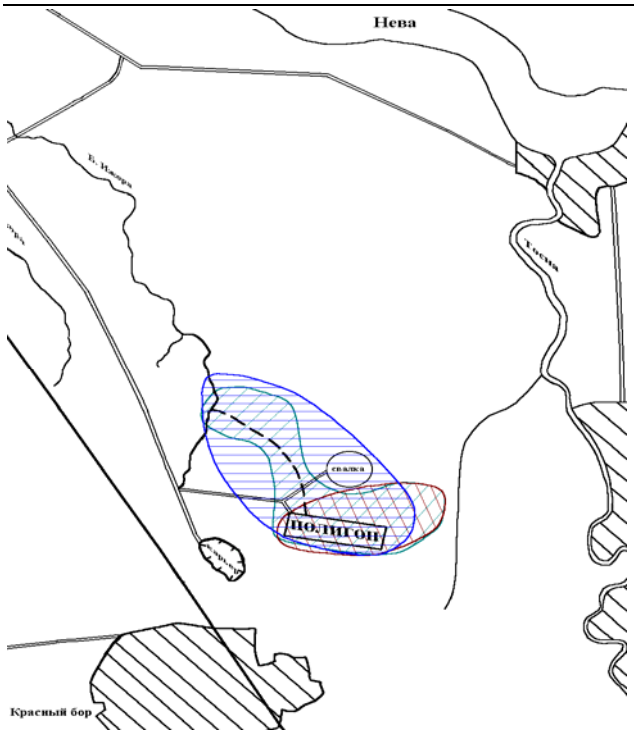


Рис. 2. Геологический разрез по линии в 500 метрах от северной границы полигона «Красный бор»: *1* - кембрийские глины, *2* - моренные суглинки, *3* – супесчано-суглинистые озерно- ледниковые отложения (масштаб 1:10000)



- гидрогеохимический ореол загрязнения
- атмохимический ореол загрязнения
- литохимический ореол загрязнения

Рис. 3. Карта распределения ореолов загрязнения в районе расположения полигона «Красный Бор»

Предполагалось, что это экспериментальное предприятие по обезвреживанию высокоопасных отходов просуществует, пять лет, а опыт его эксплуатации будет учтен при проектировании других подобных производств в нашей стране. Однако полигону «Красный Бор» не было создано какой-либо альтернативы, и он эксплуатируется до настоящего времени, то есть более 30 лет, имея весьма значительные недостатки, одним из которых является устаревшая технология переработки и захоронения отходов. Полигон в части обращения с отходами и их захоронением является по решению Комиссии по охране морской среды Балтийского моря (Хелком) горячей точкой.

В этой связи возникает необходимость оценки риска воздействия на природную среду полигона «Красный Бор», что позволяет минимизировать его негативное влияние путем целенаправленного выбора средозащитных мероприятий, разработки комплекса мероприятий по оздоровлению и рекультивации территорий, сокращая расходы на эксплуатацию хранилищ.

Проведение комплексной экологической экспертизы района техногенного воздействия полигона, а именно:

- бурения, опробования и химического анализа заскладированных отходов, подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, почв, атмосферных осадков,
- лесопатологического обследования,
- лихеноиндикации (биоиндикация загрязнения по состоянию лишайников),
- снегометрической съемки,

позволило выявить спектр основных загрязняющих компонентов, закономерности их распределение и аккумуляции в различных средах, установить структурные особенности формирования техногенных ореолов и потоков.

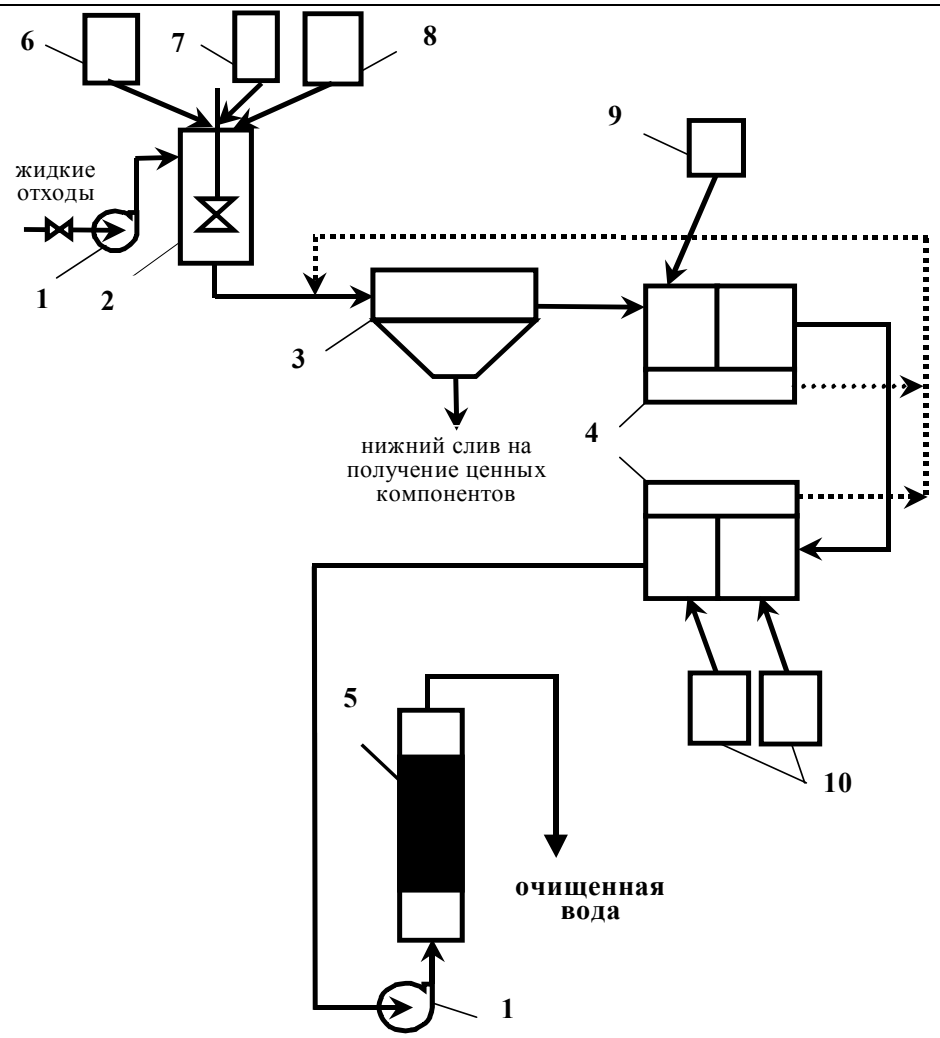


Рис. 4. Схема утилизации жидких отходов полигона «Красный Бор»: *1* - насосы, *2* - реактор, *3* - отстойник, 4 - флотационные машины, *5* - сорбционная колона, *6* - емкость для раствора $FeCl_3$, *7* - емкость для коагулянта «синей» глины, *8* - емкость для раствора CaO, *9* - емкость для нафтеновой кислоты, *10* - емкости для $FeCl_3$ и CaO

Ландшафтно-геохимические исследования показали значительное завышение проектного показателя защищенности природных вод района захоронения отходов (100 % защищенность) по сравнению с реальными значениями. Результатом техногенного преобразования компонентов окружающей среды является формирование атмохимического, гидрогеохимического и литохимического ореолов загрязнений (рис. 3).

На основании проведенных исследований определены:

- экспоненциальная закономерность распределения (1) концентраций тяжелых металлов и органических соединений в природных водах в зависи-

мости от природной и технической защищенности компонентов окружающей среды от загрязнения, формы нахождения загрязняющих компонентов в отходах, миграционной способности загрязнителей.

$$C_i = C^i_{мах} * e^{-\xi * r}, \qquad (1)$$

где C_i – концентрация i-го загрязняющего вещества, мг/л; $C^i_{мах}$ – максимальная концентрация i-го компонента в истоке отводного канала, мг/л; e – основание натурального логарифма, ед.; r – расстояние от границы полигона, м; ξ - константа для i-го загрязняющего вещества, $м^{-1}$.

- основные закономерности формирования атмо-, лито- и гидрохимических ореолов и потоков загрязнения в районе воздействия техногенного массива полигона «Красный Бор» в зависимости от уровня природной и технической защищенности компонентов природной среды;
- основные закономерности и критерии трансформации компонентов природной среды в районе расположения полигона «Красный Бор».

Проведенные исследования подтверждают, что складирование и захоронение отходов добычи и переработки минерального сырья приводит к сложной экологической ситуации в районе их расположения.

В этой связи необходима разработка средозащитных мероприятий по снижению техногенной нагрузки на природную среду в зоне влияния предприятий горной промышленности.

Так, например, для полигона «Красный Бор» были разработаны природоохранные мероприятия на основе внедрения рациональной технологии утилизации жидких промышленных отходов (рис. 4), а также рекультивации отработанных карт на территории полигона.

Тем не менее, проведенные исследования доказывают, что необходимо промышленные отходы минерально-сырьевого комплекса перерабатывать, а не складировать и захоранивать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Влияние* горнопромышленного производства на геохимическое загрязнение прилегающих территорий.// Сборник научных трудов, Московский горный институт, выпуск 1 – М.: Недра, 1991, - 282 с.
2. *Воронин Н.Н., Демидов В.Д., Черкасов А.Е.* Применение процессов пенной флотоэкстракции для извлечения меди из растворов.// Цветные металлы, 1990, №8, - 100-105 с.
3. *Дашко Р.Э.* Особенности инженерно-геологического анализа нижнекембрийских синих глин как основание сооружений.// Механика грунтов, основания и фундамента, Л., ЛИСИ, 1984.
4. *Нижерадзе Т.Н. и др.* Отчет обследования экологического состояния почвогрунтов, поверхностных и грунтовых вод в районе полигона «Красный Бор», Л., НПП «Экофи», 1991.
5. *Пашкевич М.А.* Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. СПб, “Наука”, 2000, - 230 с.

Коротко об авторах

Плющ Л.В. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

© М.А. Пашкевич, К. Понурова, 2006

УДК 662.88;502.65

М.А. Пашкевич, К. Понурова

РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНСЕРВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА

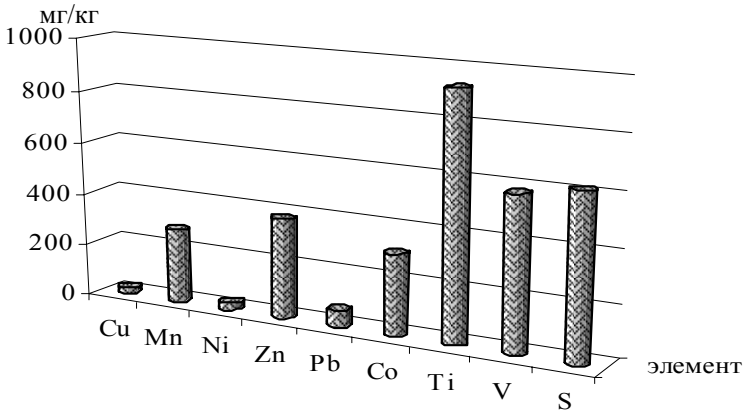
Семинар № 10

Интенсивное развитие промышленности, быстрый рост городов и промагломераций приводит к накоплению отходов, значительная доля которых относится к горно-добывающей и горно-перера-батывающей отраслям промышленности. Так, в 2000 году площадь нарушенных горными работами земель на территории России составила 1282,6 тыс. га, более 10 % из которых приходится на хранилища твердых отходов. Складирование этих отходов ведет к возникновению на территориях площадью более 4 млн. га неблагоприятных экологических ситуаций, проявляющихся в ухудшении санитарно-гигиенической обстановки, нарушении и видоизменении естественных ландшафтов, а также утрате природных ресурсов.

Особенно неблагоприятная обстановка складывается в районах открытой добычи и обогащения полезных ископаемых. Значительному техногенному воздействию подвергается природная среда в районе расположения Михайловского ГОКа основной деятельностью которого является добыча и обогащение железных руд.

Михайловский ГОК в процессе добычи и переработки полезных ископаемых воздействует на все компоненты природной среды, тем не менее наибольший эколого-экономичес-кий ущерб наносит негативное воздействие техногенного массива на атмосферный воздух и поверностно- растительный покров. Кроме того в случае ветровой эрозии их хранилища отходов ежегодно теряется порядка 10 т ценного минерального сырья. Основными процессами пылеобразования при разработке полезных ископаемых открытым способом (карьером) являются: бурение, дробление и выброс породы взрывом; погрузочно – разгрузочные работы; транспортирование и отвалообразование. На долю массовых взрывов и экскавации приходится 60-80 % общего количество пыли. По данным замеров установлено, что удельное количество пыли на объем горной массы изменяется в диапазоне 30-65 % г/м^3. Количество пылевого аэрозоля (размеры частиц менее 10-20 мкм) образующегося в процессе годовой работы карьера составляет 3,4-6,7 тыс. т/год.

В результате хозяйственной деятельности промышленных объектов происходит загрязнение атмосферы такими веществами как оксиды азота, оксид углерода, диоксид серы и порядка 60 % всех выбросов составляет твердые вещества, большая часть которых приходится на пыление с территории хвостохранилища, вследствие чего происходит загрязнение атмосферы, а также территории земельного отвода и прилегающих к ней сельскохозяйственных терри-



* - за исключением железа, составляющего 274000 мг/кг

Рис. 1. Содержание химических элементов в техногенной пыли, выносимой с хвостохранилища в воздушный бассейн, мг/кг на расстоянии 0,5 км от источника выброса*

торий, что в свою очередь вызывает изменение в химическом составе приповерхностных отложений агроландшафтов.

Происходит формирование атмо- и литохимических ореолов загрязнения. Рассеивание техногенных выбросов в атмосфере и последующее выпадение их на загазованную поверхность путем гравитационного осаждения или выпадения с осадками способствует загрязнению земельных ресурсов, вызывая:

- необратимые изменения структуры и состава почв – снижение водопрочности и механической прочности агрегатов с последующим ухудшением агрофизических свойств почв; разубоживание гумусного и солевого состава почв; изменение их водоудерживающей способности;
- необратимые изменения состава, структуры и свойств используемых при рекультивации потенциально плодородных пород;
- загрязнение почв и почвогрунтов продуктами эрозии, что приводит к угнетению растительного покрова, засолению и заболачиванию поверхности;
- ухудшение физико-механических параметров пород, используемых для возведения горнотехнических сооружений – дамб, плотин, насыпей;
- запыление и загрязнение воздушного и водного бассейнов;
- потери минерального сырья.

Проведенные исследования показали, что эти изменения связаны с основным химическим элементом добычи – железа и его геохимическими спутниками (кобальт, никель, хром, марганец, ванадий, титан).

Количественный анализ показал, что в пыли выносимой с хвостохранилища содержится ряд тяжёлых металлов, которые являются токсичными. Концентрации загрязняющих веществ очень велики и особенно по содержанию железа (рис. 1).

Загрязнение приповерхностных отложений обусловлено накоплением металлов в растительности, в том числе и в сельско-хозяйственных культурах (рис. 2). Сравнение химического состава яч-

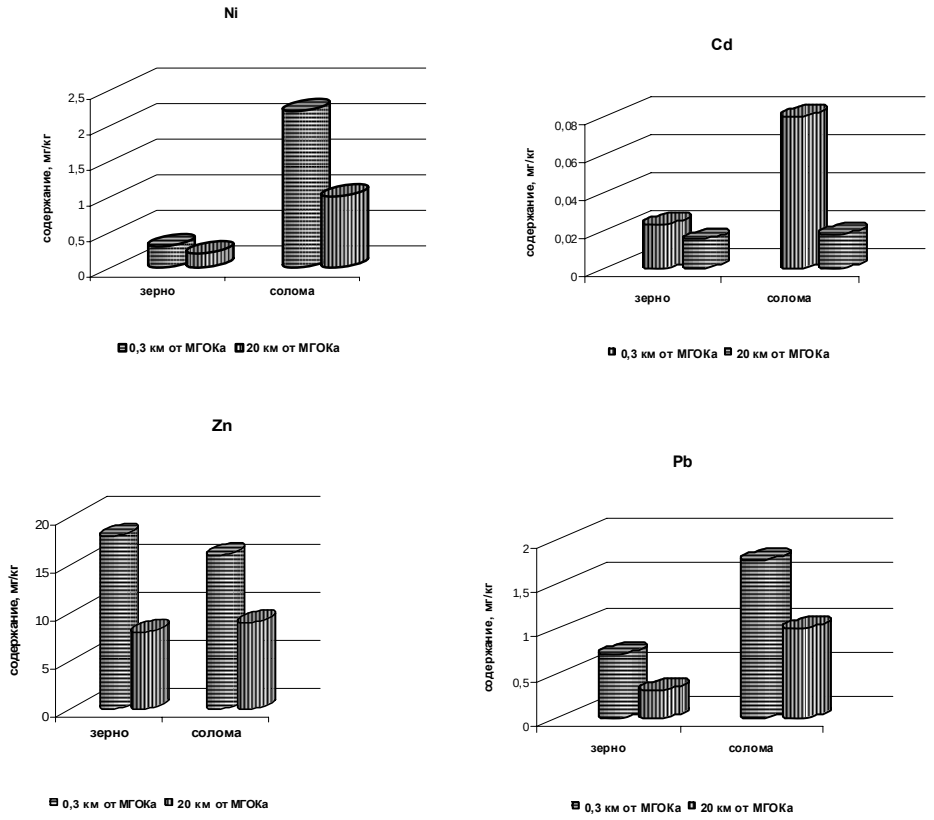


Рис. 2. Накопление тяжелых металлов растительностью

меня (зерно и солома) на расстоянии 300 м и 20 км от хвостохранилища показало, что содержание почти всех изученных элементов около комбината в несколько раз выше, чем на расстоянии 20 км.

Данные по заболеваемости населения в г. Железногорске были сопоставлены с аналогичными данными, характеризующими заболеваемость в районах Курской области, где отсутствует агротехногенное влияние Михайловского ГОКа. Они свидетельствуют о том, что на территории г. Железногорска заболеваемости населения болезнями нервной системы, мочеполовой системы, органов дыхания, эндокринной системы, а также заболеваемость населения по классу «новообразования» выше в 1,5 раза, чем в районе.

Таким образом, экологическая обстановка в г. Железногорске, связанная с агротехногенным воздействием ГОКа, приводит к снижению продуктивности территории и потери качества сельскохозяйственной продукции, к повышенной заболеваемости населения по сравнению со средней заболеваемостью по области, а также потерям ценного минерального сырья.

Проведенные мониторинговые наблюдения показали, что на хвостохранилище при технологических процессах образуются, так называемые сухие пля-

жи, занимающие от 25 до 30 % площади, которые длительное время остаются эрозионнопасными. Кроме того, на действующем хвостохранилище открытыми остаются откосы дамб и плотин, общей площадью порядка 3,0 км^2. Но особенно опасным и длительным является воздействие на атмосферным воздух «старых» участков хвостового хозяйства. При ветреной сухой погоде пыль в поверхностей пляжей и плотин поднимается в воздух и разносится на значительные расстояния, загрязняя воздушный бассейн и прилегающие территории. Количество пыли, сдуваемой с поверхности хвостохранилища, зависит от влажности хвостов, их гранулометрического состава и скорости ветра.

В соответствии с вышеизложенным требуется разработать способ с одной стороны снижения негативного влияния хвостохранилища Михайловского ГОКа на компоненты природной среды, с другой стороны экологически безопасный способ консервирования ценных компонентов.

В связи с тем, что содержание оксида железа в отходах обогащения составляет порядка 25-30 %, то можно с уверенностью утверждать, что это техногенное образование, по количеству и качеству содержащегося в нем минерального сырья, пригодного для эффективного использования в сфере материального производства в настоящее время или в будущем будет являться техногенным месторождением железа.

Через 20-50 лет на МГОКе планируется разработка техногенного месторождения железа – хвостов обогащения, накопленных за предыдущие годы работы комбината. Разумеется, это потребует и разработки новой технологии обогащения руды.

Важным обстоятельством является то, что предполагаемая себестоимость товарной продукции из промышленных отходов в 5-15 раз меньше, чем из добываемых традиционными способами руд месторождений полезных ископаемых. Активное использование промышленных отходов минерального сырья позволит получить прибыль в миллиарды долларов США ежегодно. Утилизация минеральных отходов будет способствовать очищению окружающей среды от токсичных веществ и балласта, а также получению необходимых металлов и других полезных продуктов. Тем не менее до настоящего времени не решена проблема консервации минерального сырья, ежегодно теряемого с ветровой и водной эрозией.

Планируется провести анализ снижения техногенной нагрузки хвостохранилища на компоненты природной среды с учетом внедрения нового технического решения: консервации поверхности хвостохранилища с помощью отходов полиэтилена и полипропилена, оплавляемых специальным методом. Для нейтрализации техногенного воздействия минеральных отходов обогащения на территории их складирования разработан оригинальный способ формирования защитного экрана.

Способ обеспечивает решение актуальной экологической проблемы – предотвращение ветровой и водной эрозии, а также загрязнения атмосферного воздуха и подземных вод токсичными химическими веществами на территории расположения полигонов захоронения и складирования отходов горнопромышленных предприятий.

Гидроизоляционную смесь предлагается изготавливать из отходов полиэтилена и полипропилена. Состав смеси определяется климатическими условиями, литологическим строением, составом и свойствами заскладированных отходов хвостохранилища. Перед образо-

ванием защитного экрана проводятся планировочные работы на поверхности хвостохранилища. Смесь приготавливают путем перемешивания на месте ее нанесения, равномерным слоем распределяется по поверхности хвостохранилища, заполняя приповерхностное поровое пространство. Далее смесь подвергают, электротермической обработке с помощью нагревательного устройства при температуре плавления смеси (150-170 ^{0}С). Кроме того, высокотемпературная термическая обработка приводит к повышению прочностных свойств защитного экрана.

Результаты данной работы могут широко использоваться на горных предприятиях на стадии разработки средозащитных мероприятий. Эколого-экономический эффект от внедрения природоохранного мероприятия связан с ликвидацией техногенных загрязнений почвенно-растительного покрова сельско- и лесохозяйственных угодий.

Работа выполнена при поддержке российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Способ* образования защитного экрана//В.С. Литвиненко, М.А. Пашкевич, Т.А. Петрова. Патент Российской Федерации № 2255178, 27 июня 2005.

2. *Оценка* риска воздействия хранилищ твердых отходов на природную среду// В кн.: Симпозиум "Молодые ученые – экологии города" (декабрь 1997г.), СПб, изд. СПГТУ, 1997.

3. *Эколого*-экономическая оценка воздействия техногенных массивов на окружающую их среду // Пашкевич Н.В. и др. В кн.: Горный информационно-аналитический бюллетень № 7, 1999, М., изд. МГТУ.

4. *Мониторинг* состояния и управления деятельностью экологически опасных объектов при добыче и переработке полезных ископаемых// Изд.: СПГГИ (ТУ).

5. *Оценка* риска воздействия техногенных массивов на природные воды // В кн.: Научно-педагогическое наследие профессора Медведева. СПб, изд. СПГТИ, 1999

Коротко об авторах

Пашкевич М.А. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии,
Понурова И.К. – аспирантка,
кафедра геоэкологии, СПГГИ (ТУ).