УДК 502.65:622.276

**М.А.ПАШКЕВИЧ, Д.С.КОРЕЛЬСКИЙ**
*Санкт-Петербургский государственный горный институт* (*технический университет*), *Россия*

# РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

Приведены результаты мониторинга токсичных техногенных ОАО «Михайловский ГОК» и ООО «Североникель». Дана оценка их техногенного воздействия на компоненты природной среды. Предложены новые надежные, экологически безопасные и экономически эффективные способы рекультивации техногенных массивов на основе формирования экранов из полимерных материалов в оплавленном совместно с грунтами состоянии (ПМО). В результате проведенных на опытных площадках исследований выбрана оптимальная технология формирования экрана.

The paper presents result of monitoring toxic technogenic massifs of the OAO «Mikhaolovskiy GOK» Company and the OOO «Severonickel» Company. Their technogenic influence on various environmental components is assessed. New reliable environmentally-safe and economically efficient ways of technogenic massif reclamation are suggested based on formation of protective screens made of polymer materials sintered with the massif rocks. An optimal screen formation technology is selected as the result of research carried out in test areas.

К настоящему времени площадь нарушенных горными работами земель на территории России составила более 1,3 млн га, из них более 10 % приходится на территории складирования техногенных образований, что при низком качестве систем безопасности, защитных и рекультивационных мероприятий, приводит к возникновению широкого спектра последствий их воздействия: загрязнение атмосферного воздуха, приповерхностных отложений и растительности, поверхностных и подземных вод; повышение заболеваемости и смертности населения; снижение эстетических характеристик визуального ландшафта; редукция количества видов растений и животных.

Мероприятия по обеспечению безопасного функционирования техногенных массивов преследуют цель ликвидации путей загрязнения и на этой основе уменьшения или предупреждения загрязнения окружающей среды. При этом опасность должна быть устранена как для источников загрязнения, так и для территории, подвергшейся негативному воздействию. Мероприятия по обеспечению безопасности преимущественно рассматриваются как ограниченные во времени решения, которые приводят лишь к некоторому исправлению положения, поскольку ликвидация загрязнения соответствующими методами невозможна. Однако неоднократно возникает необходимость в планировании этих мероприятий как длительно действующих. Это относится к техногенным массивам, представляющим собой потенциальные полезные ископаемые, либо загрязненным почвам с нулевой биологической продуктивностью.

Примером потенциальных полезных ископаемых могут служить заскладированные на территории хвостового хозяйства отходы обогащения мокрой магнитной сепарации, формирующиеся на ОАО «Михайловский ГОК». Хвостохранилище обогатительной фабрики Михайловского ГОКа – одно из крупнейших в России по площади и объему. Площадь земельного отвода 22,5 км$^2$. Полезная площадь 17,3 км$^2$. Объем ежегодно складируемых хвостов обогащения железистых кварцитов составляет более 12 млн м$^3$; объем хвостов, уложенных с начала эксплуатации, 284,3 млн м$^3$.

Негативное влияние на окружающую среду оказывает ветровое пыление открытых пляжей хвостохранилища. Причинами этого являются тонкий помол исходной руды (класс –0,04 мм составляет порядка 75 %) и большая (250-300 м) ширина пляжной зоны. Измерения концентрации пыли в районе расположения хвостохранилища МГОКа показали, что запыленность воздуха при средней скорости ветра 7-8 м/с на расстоянии 100 м от хвостохранилища составила 30,1-137,0 г/м$^3$, при скорости ветра 2 м/с (с порывами до 5 м/с) и на расстоянии 1000 м – 1,1-6,1 мг/м$^3$.

Рассеивание техногенных выбросов в атмосфере и последующее выпадение их на поверхность путем гравитационного осаждения или выпадения с осадками приводит к формированию в почвенном покрове техногенных аномалий.

Экономический ущерб (80 млн руб./год) от ухудшения качества почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок связан, главным образом, со следующими причинами:

- деградацией почв и земель;
- загрязнением земель химическими веществами (вследствие оседания пыли);
- снижением продуктивности (урожайности) на запыленных землях.

На территории функционирования хвостохранилища происходит полная трансформация состава подстилающих его грунтовых вод, которые, разгружаясь в поверхностные водоемы и водотоки, являются главным источником загрязнения. В результате воздействия хвостохранилища природным водам наносится эколого-экономический ущерб порядка 10 млн руб./год вследствие:

- инфильтрации дренажных вод с территории хвостохранилища в подземные и поверхностные воды;
- загрязнения поверхностных водоемов и водотоков, используемых для рыбохозяйственных целей.

Эколого-экономический ущерб от потери потенциально плодородного минерального слоя из-за ветровой и водной эрозии с территории хвостохранилища составляет более 20 млн руб.

Примером загрязненных почв с нулевой биологической продуктивностью могут служить территории атмосферных выпадений комбината «Североникель». Комбинатом формируются техногенные массивы, содержащие тяжелые металлы, которые необходимо изолировать. Комбинат «Североникель» – это одно из крупнейших предприятий Кольского п-ова по переработке медно-никелевого сырья для получения в виде готовой продукции цветных металлов и концентратов драгоценных металлов. В последние годы объемы выбросов комбинатом в атмосферу загрязняющих веществ составляют порядка 8 тыс.т/год полиметаллической пыли (никель, медь, кобальт, оксид марганца) и более 180 тыс.т/год $SO_2$. Основными твердыми промышленными отходами металлургических предприятий являются шлаки пирометаллургического передела, образующиеся при рудно-термической электроплавке шихты для извлечения цветных металлов в штейн. Выход шлаков при электроплавке составляет до 80 % от общей массы загруженной шихты. Основу шлаков электроплавки составляют кремнезем ($SiO_2$ 35-50 %), закись железа (FeO 20-39 %), оксид магния (MgO 4-20 %), глинозем ($A1_2O_3$ 4-8 %) и оксид кальция (CaO 0,3-0,5 %). Эти отходы согласно действующему классификатору отходов относятся к категории инертных, хотя в ряде случаев это не обосновано. Так, при длительном хранении под действием природных и техногенных факторов отходы претерпевают трансформацию, что способствует формированию в зоне гипергенеза дренажных вод, насыщенных полютантами, а в районе расположения отвала способствуют формированию геохимических ореолов и потоков загрязнения.

Исследования техногенного массива предприятия «Североникель» показали, что отходы металлургического производства при хранении подвергаются вымыванию с формированием кислых дренажных вод и трансформации в новые кристаллохимические фазы. В результате этого минеральная система переходит в предельно неравновесное состояние, характеризующееся повышенной химической активностью, что спо-

собствует диспергации тяжелых металлов и их миграции с водами.

На участке складирования шлакоотвала при сравнительно малых объемах инфильтрационных вод из-за глобальной эмиссии загрязнителей наносится значительный ущерб поверхностным водам, являющимся в районе единственным источником питьевого водоснабжения.

В результате комплекса лабораторных исследований установлено, что воды после инфильтрации через тело отвала насыщены загрязняющими веществами с концентрацией, мг/л: Ni – 2, Cu – 8, Co – 1,5, Cr – 20 и с показателем pH = 3, что приводит к формированию кислотных техногенных ореолов площадью 58 км$^2$ и потоков загрязнения протяженностью 15-20 км.

Результатом проявления технической или экологической опасности шлакоотвала выступает эколого-экономический ущерб, наносимый приповерхностным отложениям, поверхностным и подземным водам, населению и биотическим компонентам (растениям, животным, микроорганизмам).

Одной из целей, проводимых в настоящий момент исследований, также является мониторинг и оценка состояния почвенно-растительного покрова в лесных экосистемах, находящихся под воздействием ОАО «Североникель».

По данным ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», производственная деятельность комбината «Североникель» оказывает заметное негативное влияние на обширную территорию. Зона очень высокого уровня загрязнения (значения суммарного показателя загрязнения $Z_c > 128$) составляет площадь 1400 км$^2$ и характеризуется максимальными уровнями годовых выпадений Ni и Cu.

Многочисленные исследования показали, что в радиусе более 100 км от комбината «Североникель» расположены зоны выпадения кислых осадков, где экосистемы находятся под влиянием избыточного поступления серы и других поллютантов. Вблизи предприятия pH почвы иногда достигает 2,8-2,1. Таким образом, почвенно-растительный покров вблизи комбината уничтожен полностью, а приповерхностный минеральный слой насыщен тяжелыми металлами и обладает низким показателем pH, являясь источником вторичных загрязнений для грунтовых вод, в которые загрязнения выносятся атмосферными осадками.

В связи с этим, целью проведенных исследований являлось снижение воздействия рассмотренных техногенных массивов на компоненты природной среды, а также предотвращение потерь потенциального минерального сырья вследствие ветровой и водной эрозии путем консервации техногенного месторождения ОАО «Михайловский ГОК».

Выбор метода рекультивации (консервации) техногенных массивов и технологии на его основе обусловливается совокупностью физико-химических параметров техногенных отложений и экранирующих их материалов, возможностями применяемого метода, экономическими показателями существующих технологий экранирования отходов[*]. Проведенный анализ существующих методов экранирования, изоляции и пылеподавления отходов показал, что применяемые в настоящее время методы (экранирование глинистыми слоями, пленками из полимерных материалов, отходами нефтепереработки и пр.) имеют существенные недостатки (ухудшающиеся со временем изоляционные свойства, возможность перфорации, загрязнение вод поверхностного стока и пр.). Поэтому возникла необходимость разработки надежного, экологически безопасного и экономически эффективного способа изоляции техногенного месторождения на основе формирования экранов из полимерных материалов в оплавленном совместно с грунтами состоянии (ПМО).

Разработанная технология консервации техногенного месторождения и изоляции опасных отходов[**] заключается в планировании поверхности хвостохранилища, проведении дренажных мероприятий, укладке отходов полимерных материалов и напол-

[*] *Пашкевич М.А.* Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2000.

[**] Пат. № 2301300 РФ. Способ консервации и изоляции техногенных месторождений / М.А.Пашкевич, И.К.Понурова, Д.С.Корельский. Опубл. 20.06.2007. Бюл. № 17.

нителей, нагрева смеси экранирующего слоя до температуры плавления композиционного материала 150-1700 °С.

Для создания эффективных экранирующих покрытий были проведены исследования:

- структуры и свойств ПМО и их зависимости от параметров технологии формирования экрана;
- закономерностей старения ПМО при воздействии климатических и эксплуатационных факторов;
- влияния на структуру и свойства ПМО ультрадисперсных наполнителей и возможности улучшения таким способом эксплуатационных характеристик покрытий.

Предлагаемый способ консервирования отходов обогащения позволяет:

- повысить прочность и тем самым сохранить форму покрытия на длительный срок;
- упростить, повысить технологичность процесса получения покрытия, способного реализовать гидроизоляционные свойства в условиях постоянной ветровой нагрузки и воздействия атмосферных осадков, а также в условиях контакта с режущими и колющими предметами или осколками и т.д.;
- уменьшить коэффициент фильтрации за счет повышения антифрикционных свойств покрытия, увеличения плотности и монолитности;
- уменьшить водопоглощение покрытия за счет термического взаимодействия композиционного материала и грунтового основания;
- решить основную проблему экранов, а именно разрушающее действие солнечной радиации, нанесением недорогого изолирующего слоя из гравия, гальки и подобных крупнозернистых материалов; либо нанесение почвенного слоя, для более полной рекультивации;
- существенно снизить стоимость экранирования и снизить загрязнение окружающей среды за счет использования и отходов полиэтилена и полипропилена;
- сохранить ценные компоненты, содержащиеся в промышленных техногенных образованиях, которые могут быть использованы в будущем, а в настоящее время представляют собой угрозу нарушения естественного состояния окружающей среды и условий существования человека.