

УДК 622.271

**А.М. Гальперин, Ю.И. Кутепов, В.С. Круподеров,
О.Д. Семенов**

МОНИТОРИНГ И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Разработаны системы геолого-маркшейдерского обеспечения формирования и функционирования намывных техногенных массивов, включающие методики их инженерно-геологического, гидрогеологического, маркшейдерского и геолого-экологического изучения, обоснования параметров намывных сооружений и технологий их дальнейшего освоения.

Ключевые слова: гидроотвал, хвостохранилище, техногенный массив, гидрогеомеханические исследования.

В намывных горнотехнических сооружениях — гидроотвалах и хвостохранилищах на территории России уложено около 5 млрд м³ отходов обогащения полезных ископаемых и более 1.5 млрд м³ вскрышных пород. Эти сооружения — объекты повышенной экологической опасности, так как при их формировании и функционировании зачастую происходит загрязнение воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова на обширных территориях, а иногда возникают серьезные аварии, сопровождающиеся растеканием уложенного в сооружение материала и воды. Необходимость обоснования мероприятий по обеспечению устойчивости откосов, экономии водных и земельных ресурсов, пополнения минерально-сырьевой базы горных предприятий требует выполнения комплекса геолого-геохимических, инженерно-геологических и гидрогеомеханических исследований намывных техногенных массивов (НТМ).

Основные направления развития и последующего использования НТМ:

- 1) разработка (преимущественно гидромеханизированная) как обводненных техногенных месторождений;
- 2) последующее наращивание намывных горно-технических сооружений;
- 3) рекультивация для сельско- и лесо-хозяйственных целей или строительства;
- 4) формирование сухих отвалов на намывных основаниях;
- 5) создание объединенных гидроотвально-хвостовых хозяйств;
- 6) функционирование НТМ в составе сложных природно-техногенных систем.

Реализация данных направлений на отвальных объектах различных отраслей горной промышленности производится с использованием мониторинга, включающего инженерно-геологическое, гидрогеомеханическое и геолого-геохимическое направления. Геомониторинг является важнейшим инструментом для разработки инженерных решений по освоению техногенных массивов.

Систематические инженерно-геооические исследования намывных массивов были начаты в бассейне КМА кафедрой геологии Московско-

го горного института (с 1993 г. — Московский государственный горный университет) в 1969 г. на крупнейшем отечественном гидроотвале «Березовый Лог» комбината «КМАРуда» и Лебединского горно-обогатительного комбината (ЛГОК). Этим исследованиям предшествовало изучение инженерно-геологических свойств, устойчивости и уплотняемости техногенных массивов насыпей и оснований «сухих» отвалов в Михайловском железорудном районе КМА, Никополь-Марганцевом бассейне, Кузбассе и ряде других горно-промышленных регионов.

Проведенный анализ опыта эксплуатации и мониторинга хвостохранилищ и гидроотвалов на предприятиях различных отраслей горнодобывающей промышленности позволил выявить следующие основные тенденции возведения этих сооружений в XX веке: направленное изменение состояния намывного массива и условий устойчивости дамб в основном осуществлялось изменением способа и порядка намыва, обеспечивающих повышение плотности укладки материала и необходимое удаление прудка (зеркала воды) от гребня дамбы; конструкцию и способ возведения дамбы во многих случаях устанавливали на основе данных инженерно-геологических изысканий, состав и объем которых были недостаточными для прогноза деформаций и оценки устойчивости дамб; не использовались технические средства и методы оперативной оценки устойчивости дамб; выполнялись лишь топогеодезические работы и пьезометрические наблюдения, не обеспечивавшие получение достоверной информации о состоянии откосных сооружений в заданный момент времени; практически не контролировалось состояние внутренних зон (50—80 % общей площади), от-

существовали натурные данные о свойствах техногенных отложений и поэтому возникали серьезные затруднения при решении вопросов наращивания гидросооружений и последующего использования их территорий, а также корректировки технологии намывных работ для повышения их эффективности и безопасности.

В качестве основных направлений инженерно-геологического и гидрогеомеханического обеспечения при возведении намывных горнотехнических сооружений рассматриваются: инженерно-геологическая схематизация, выбор методов исследования вещественного состава, прочностных и деформационных характеристик техногенных отложений, изменяющихся во времени и в пространстве; разработка расчетных схем уплотнения намывных массивов, учитывающих инженерно-геологические свойства техногенных отложений и грунтов оснований, этапы формирования гидросооружений и направления дальнейшего использования их территорий; совершенствование технических средств и методов определения механических свойств техногенных отложений в массиве; инженерно-геологическое районирование, предусматривающее выделение в намывном массиве однородных по гранулярному и минеральному составам участков и оценку их уплотняемости и несущей способности; изыскание новых способов ускорения процесса консолидации тонкодисперсных намывных отложений; определение рациональной конструкции дамб гидросооружений; установление рациональной формы техногенного рельефа намывных территорий с учетом остаточных осадков; контроль состояния возводимых объектов, включающий стационарные и мобильные устройства, наземную, аэрофотограм-

метрическую и космическую съемку для систематической оценки устойчивости дамб, степени уплотнения и несущей способности внутренних зон намывных сооружений.

При выборе технических средств и методов определения механических свойств техногенных отложений приоритетная роль отводилась натурным методам. Использование натуральных (полевых) методов позволяет «автоматически» учитывать все изменения свойств и состояния намывных массивов, т.е. нелинейные эффекты, прогноз которых связан с серьезными затруднениями.

В натуральных условиях механические свойства техногенных отложений гидроотвалов и хвостохранилищ изучались путем измерений порового давления, испытаний методами вращательного среза и прессиометрическим, инструментальными наблюдениями за осадками намывных массивов и их оснований.

В лабораторных условиях определялись следующие характеристики намывных отложений и грунтов оснований гидросооружений: показатели компрессии и консолидации; показатели водно-физических свойств (влажность, плотность, пористость); сопротивление сдвигу; гранулярный состав и микростроение. Экспериментально обоснована применимость теории фильтрационной консолидации для намывных отложений.

Важным достижением является внедрение в практику мониторинга намывных горнотехнических сооружений систематических замеров порового давления с помощью стационарных датчиков и штанговых пьезодинамометров конструкции Гидропроекта, а после 1974 г. — специальных комбинированных зондов. Объектами исследований МГИ-МГГУ являлись: гидроотвалы «Березовый

Лог», «Симонова Пасека», «Балка Чуфичева», «Балка Безымянная» (комбинат «КМАРуда», Лебединский и Стойленский ГОКи, Старооскольский железорудный район КМА), «Михайловский» и «Шамаровский Лог» (Михайловский ГОК, Михайловский железорудный район КМА), «Новобачатский», «Бековский», «Свободный», «Прямой Ускат» (Кузбасс); хвостохранилища Вяземского песчано-гравийного ГОКа, Лебединского и Михайловского ГОКов (КМА), Северного ГОКа (Кривбасс, Украина), Ангренского угольного разреза (Узбекистан) и струенаправляющие дамбы Шатурской ГРЭС (Московская область).

Применение метода зондирования позволило изучить состояние внутренних зон гидроотвалов и хвостохранилищ и их оснований. Зондирование гидроотвалов КМА и Кузбасса осуществлялось в зимний период со льда, а зондирование внутренней зоны хвостохранилища Северного ГОКа в балке «Петрикова» — со специально созданной из твердых пород вскрыши призмы через кондукторы.

С 60-х годов прошлого века представительные работы по изучению намывных массивов гидроотвалов угольных разрезов и хвостохранилищ различного назначения выполняются сотрудниками лаборатории гидрогеологии и экологии ВНИМИ. Ныне это научное подразделение входит в состав НЦ геомеханики и проблем горного производства СПГТИ (ТУ). Исследования производились на гидроотвалах Кузбасса и Канско-Ачинского угольного бассейна, хвостохранилищах углеобогащения России и Украины, а также других намывных объектах различного назначения. В частности, произведено обоснование наращивания ограждающих дамб на гидроотвалах: «Бековский» (общей высо-

той до 75 м), «Еланный Нарык» (до 50 м), на р. Еловка (до 60 м), «Прямой Ускат» (до 80 м), «Коровихинский» (до 70 м) и др. Обоснование параметров отвалов «сухой» вскрыши при их размещении на гидроотвалах выполнено для 40 объектов Кузбасса, каждый из которых характеризовался различной высотой, площадью и емкостью. Данное техническое мероприятие позволило увеличить отвалоемкость территорий, занятых намывными горнотехническими сооружениями, произвести рекультивацию территории, так как без нанесения слоя из достаточно прочных насыпных пород на намывную поверхность они длительное время, исчисляемыми несколькими десятками лет, недоступны для горного и сельскохозяйственного оборудования. Кроме того, выполнено решение специфических горно-геологических задач на разрезах «Киселевский», «Краснобродский» и «Кедровский» в Кузбассе, где извлечение запасов угля в непосредственной близости от гидроотвалов потребовало частичной отработки намывных массивов. Так, только под гидроотвалом №3 разреза «Кедровский» установлены запасы 50 млн тонн угля. Заслуживают внимание работы по обоснованию параметров сложнейшей природно-техногенной системы (ПТС) «борт разреза + гидроотвал + отвал сухих пород». Данная система включает в себя «слабое» звено — намывной массив, поведение которого, во многом, определяет безопасные условия ее функционирования. Так, при отработке запасов на центральном блоке Новосергеевского поля разреза «Краснобродский» была сформирована ПТС, включающая 220-метровый борт разреза, 25-метровый гидроотвал и 70-метровый отвал «сухих» пород. Нарушение устойчивости произошло в верхней ее части и сопро-

вождалось выдавливанием в выработке разреза намывного материала в объеме 500 тыс. м³. На разрезе «Бачатский» функционирует самая крупная ПТС в Кузбассе высотой более 400 м., которая в дальнейшем может достигнуть 600 м.

Результаты выполненных многолетних исследований легли в основу разработанных во ВНИМИ нормативно-методических документов, которые включают методики инженерно-геологических, гидрогеологических и маркшейдерских работ, гидрогеомеханическое обоснование параметров и технологий отвальных и гидроотвальных работ, а также мониторинг безопасности.

В рамках мониторинга состояния отвального сооружения предложено выполнять различные виды работ по различным направлениям. Гидрогеомеханический мониторинг включает изучение строения отвального сооружения, напряженного и физического состояния и физико-механических и водных свойств пород, которые предлагается осуществлять с привлечением буровых работ, полевых и лабораторных методов исследования, опытно-промышленных экспериментов. Маркшейдерский мониторинг обеспечивает наблюдения за деформациями намывных и насыпных массивов, а технологический — за соблюдением предложенного в проекте порядка развития отвала (гидроотвала) и параметров отвалообразования. По результатам выполненных инженерно-геологических и гидрогеологических работ вносятся изменения в гидрогеомеханическую модель объекта и выполняются расчеты устойчивости, а затем с привлечением результатов маркшейдерского и технологического мониторинга осуществляется корректировка параметров сооружений.

При решении вопросов обоснования параметров горнотехнических сооружений и дальнейшего использования техногенных массивов необходимо руководствоваться установленными закономерностями процессов техногенеза, в котором, как в природном геологическом процессе литогенеза, также можно выделяются этапы:

- 1) разрушение материнских пород;
- 2) перемещение разрушенного материала;

- 3) новое породообразование. Его средой служат суша и водоемы, что предопределяет выделение континентального и аквального типов технолитогенеза, при этом континентальный технолитогенез может быть либо субазральным (поверхностным) и субтерральным (подземным). Процессы технолитогенеза профилируются различными видами инженерно-хозяйственной деятельности человека: строительством, промышленным производством, разработкой МПИ, сельским хозяйством, военными действиями и пр.

Виды техногенных пород отвалов и гидроотвалов различаются, прежде всего, по составу, который зависит от исходного состава материнских отложений и типа производства, складирование отходов в сооружения. Кроме того, инженерно-геологические свойства отвальных пород определяются также средой их образования, зависящей от способов формирования отвала: с применением гидромеханизации (гидроотвалы, хвостохранилища) или сухой механической («сухие» отвалы). Несмотря на многообразие видов техногенных пород, все они формируются, подчиняясь общим законам, которые выражает составленная Ю.И. и Н.А. Кутеповыми схема технолитогенеза. Данная схема отражает последовательность

формирования состава, состояния и свойств техногенных пород отвалов и гидроотвалов с учетом природных и технологических факторов.

Анализ опыта зондирования внутренних зон гидроотвалов и хвостохранилищ выявил необходимость разработки нового типа зонда — трехпараметрического, обеспечивающего одновременное получение информации об избыточном поровом давлении $P_{и}$, сопротивлении задавливанию зонда (пенетрации) q_i и сопротивлении вращательному срезу τ . Конструкция зонда предусматривает возможность использования как струнных, так и тензометрических датчиков.

Трехпараметрический зонд МГГУ-ДИГЭС использовался для исследования основания струнаправляющей дамбы Шатурской ГРЭС (1993 г.), тела гидроотвалов «Лог Шамаровский» МГОКа (1995—1999 гг.), «Березовый Лог», «Балка Чуфичева» ЛГОКа (с 1999 г.) и оснований дамб хвостохранилища и сухих отвалов ЛГОКа и СГОКа.

С 1995 г. при полевых работах используется модификация легкой зондировочной установки (ЛЗУ) ВНИМИ (автор конструкции Ю.И. Кутепов). С помощью ЛЗУ становится возможным опробование труднодоступных гидроотвальных участков с несущей способностью $P_{доп} \geq 0.013-0.015$ МПа.

В комплект трехпараметрического зонда также входит оригинальное устройство сопряжения пенетрометра и компьютера. Для трехпараметрического зонда в МГГУ В.Н.Зуем разработана программа автоматического считывания показаний и их обработки в полевых условиях с выводом полученных данных на дисплей портативного компьютера.

Комплекс показателей, полученных при полевых и лабораторных исследованиях техногенных отложений, позволяет выполнить инженерно-геологическое районирование намывных территорий. Материалы районирования, наряду с инженерно-геологическими картами и разрезами, включают также для различных по мощности (h_n) и составу зон намывного массива таблицы значений во времени осадок $S(h_n, t)$ и допустимых внешних нагрузок на намывное основание $P_{доп}(h_n, t)$. Инженерно-геологическое районирование выполняется с целью решения следующих основных практических задач: повышения вместимости сооружения при гидравлической укладке складированных материалов; формирования на территории заполненного гидроотвала «сухих» отвалов; рекультивации намывных территорий.

Выполнено инженерно-геологическое районирование следующих основных намывных объектов: Кузбасс — гидроотвалы «Бековский» (разрез «Бачатский»), «Новобачатский» («Краснобродский»), № 3 (разрез «Кедровский»), «Южный» (разрез «Колмогоровский — Сартаки»); КМА — гидроотвал «Лог Шамаровский» (МГОК), гидроотвалы «Березовый Лог», «Балка Чуфичева», «Балка Суры» (ЛГОК); хвостохранилище «Балка Петрикова» (СевГОК, Кривбасс).

В последнее десятилетие (после 1999 г.) в лабораторных и полевых исследованиях техногенных отложений на объектах КМА принимал участие ФГУП ВСЕГИНГЕО, которым определялся комплекс водно-физических и механических показателей отходов рудообогащения, намывных грунтов гидроотвалов, песчано-глинистых отложений оснований хвостохранилищ ЛГОКа и СГОКа и гидроотвала, а также основания и тела

отвала меловых пород СГОКа. Пройдено около 1000 п.м. зондировочных скважин с помощью станции пенетрационного каротажа СПК-Т.

Современная пенетрационно-каротажная станция представляет собой вдавливающее устройство на транспортной базе высокой проходимости и аппаратный комплекс, состоящий из измерительного зонда, приемо-передающего устройства и полевого вычислительного комплекса.

В результате полевых испытаний горных пород определяют: удельное сопротивление породы наконечнику зонда — R , МПа; удельное трение породы по боковой поверхности зонда — T , МПа; объемную влажность породы нейтрон-нейтронным каротажом — (ННК) $W_{об}$, в долях единицы; плотность породы гамма-гамма каротажом (ГГК) ρ , т/м³; естественную радиоактивность породы гамма-каротажом (ГК) — I , мкР/ч; однородность горных пород, исходя из значений R , T , I ; вид пород по отношению R/T и значения I ; количественную оценку механических, фильтрационных, просадочных, физических характеристик пород.

Запись информации при проведении испытаний осуществляется синхронно, по мере вдавливания зонда, с помощью датчика глубины. С помощью пенетрационного каротажа уточнены прочностные и деформационные характеристики техногенных отложений и их оснований.

Геоэкологическое обеспечение гидромеханизированной разработки техногенных месторождений хвостохранилищ включает: геолого-технологическую диагностику отходов обогащения; геолого-технологическое картирование объектов с выделением участков со статистически однородным распределением полезных компонентов; оценку возможности при-

менения земснарядов или гидромониторно-землесосных комплексов; оконтуривание границ хвостохранилищ, пригодных для отработки гидромеханизированным способом; выделение геолого-технологических зон с учетом целевой направленности переработки и экологически безопасного складирования вторичных хвостов обогащения; изучение состава и свойств хвостов с целью исключения их возможного вредного воздействия.

Аварийное хвостохранилище Оленегорского ГОКа расположено в южной губе Колозера. Его площадь — 320.4 га, в том числе площадь самого хвостохранилища — 253, аккумуляционного бассейна-пруда — 60.2, дамбы — 7.2 га. Анализ результатов опробования объекта показывает, что в рудной части хвостов преобладают свободные зерна гематита и магнетита крупностью, благоприятной для обогащения. Средняя плотность хвостов — 3.4, естественная плотность (при влажности 8 %) — 1.8 г/см³. Содержание общего железа в хвостах ($Fe_{\text{общ}}$) — 17.5—20.5 %, магнетитового — 7.0—7.8 %, гематитового — 6.8—9.8 %. Средняя мощность залежи 4.3 м.

Специалистами МГТУ и проектной конторы «Энергогидромеханизация» подготовлен рабочий проект разработки лежалых хвостов аварийного хвостохранилища ОАО «ОЛКОН» с использованием электрического земснаряда и их гидравлического транспортирования к обогатительной фабрике Оленегорского ГОКа. В качестве основного оборудования принят земснаряд 200—50 БК с производительностью по воде 1500 м³/ч и напором 73 м. Предусматривается при работе земснаряда применение водооборота. Для восполнения потерь планируется использовать естественные и промышленные стоки.

Опыт гидромеханизированной разработки аварийного хвостохранилища Оленегорского ГОКа и технологические решения по его эксплуатации как сильно обводненного техногенного месторождения вполне применимы к условиям ведения добычных работ в обводненной части хвостохранилища Ковдорского ГОКа и других объектов-аналогов.

Вопросы дальнейшего наращивания намывных гидротехнических сооружений рассматривались применительно к условиям хвостохранилищ ОАО «ОЛКОН», хвостохранилища Удачинского ГОКа АК «АЛРОСА», хвостохранилища и гидроотвала ОАО «Лебединский ГОК».

Применительно к условиям действующего хвостохранилища Оленегорского ГОКа (ОАО «ОЛКОН») МГТУ совместно с проектной конторой «Гидромехпроект» выполнил в 2001 г. проект заполнения этого гидросооружения на период до 2015 г. Проект предусматривает использование при дальнейшем формировании хвостохранилища разработанного МГТУ способа возведения намывного основания, согласно которому в намывном массиве создаются с применением основного технологического оборудования дренажные элементы из крупнозернистых отходов (хвостов) рудообогащения. Для обоснования решений по намыву и параметров откосов дамб был проведен комплекс определений физико-механических свойств и минерального состава намывных отложений. С помощью намытой во внутренней зоне хвостохранилища дамбы проводится разделение хвостохранилища на три части (секции), две из которых используются для складирования хвостов, а третья — в качестве прудка-отстойника. До разработки проекта в зимний период отмечались значительное промерза-

ние пляжа намыва и резкое сокращение площади прудка, что приводило к серьезным затруднениям с обратным водоснабжением.

Внедрение секционного намыва позволяет уменьшить пыление пляжей, осуществлять поэтапное последующее использование намывных отложений (например, для производства стройматериалов) и рекультивацию отдельных участков хвостохранилища еще во время эксплуатации.

В 2003 г. МГГУ совместно с проектной конторой «Гидромехпроект» и ООО НПФ «Карбон» выполнены предпроектные проработки по экологически безопасной технологии дальнейшего формирования законсервированного хвостохранилища Удачинского ГОКа АК «АЛРОСА» на руч. Новый, предусматривающие селективную укладку и частичную вторичную переработку хвостов. Эти проработки обеспечивают экономию водно-земельных ресурсов за счет исключения нарушения земель новым хвостохранилищем и использования подлежащих утилизации стоков в технологическом процессе реконструкции хвостохранилища на руч. Новый, а также существующей на нем системы возврата обратной воды. Установлены объемы и параметры намывных сооружений, дополнительно размещаемых в пределах контуров хвостохранилища. Размещение в этих сооружениях более 100 млн м³ хвостов (с учетом рекультивационно-планировочных объемов) обеспечивает увеличение срока эксплуатации хвостохранилища на 100—15 лет. Благодаря сокращению дальности гидротранспорта, достигается экономия энергоресурсов (примерно в 2 раза) по сравнению с существующей схемой.

По заданию Лебединского ГОКа в МГГУ проводятся инженерно-геоло-

гические исследования намывного массива заполненного к 1988 г. гидроотвала «Балка Чуфичева». Установлена принципиальная возможность наращивания этого сооружения примерно на 30 м и размещения дополнительного объема гидровскрыши (преимущественно меловых пород) около 60 млн м³.

В 2008 г. Лебединским ГОКом и МГГУ разработаны мероприятия по повышению вместимости хвостохранилища и гидроотвала более чем на 350 млн м³ за счет изменения конструкции откосных сооружений и использования скальной вскрыши при формировании ограждающих дамб.

На кафедре геологии МГГУ разработана программа оперативного определения коэффициента запаса устойчивости в зависимости от измеренного давления воды по вероятным поверхностям скольжения. Программа позволяет после ввода даты измерений и выбора файла с данными о геометрии и материале дамб и градуировочными характеристиками датчиков производить расчет положения депрессионной кривой и автоматически выбирать линию скольжения с наименьшим коэффициентом запаса устойчивости. Расчет устойчивости дамб выполняется методами алгебраического суммирования и многоугольника сил.

В связи с развитием сотовой связи и удешевлением оборудования в настоящее время большое распространение получили устройства контроля за удаленными объектами и управления ими через сотовую связь стандарта GSM в нескольких режимах (GPRS, SMS и т.д.). Для удаленного контроля за состоянием намывных плотин предлагается устройство, разработанное сотрудниками НПФ «Карбон» и усовершенствованное специалистами МГГУ и Лебединского ГОКа. Уст-

ройство обеспечивает оперативный контроль за гидростатическим давлением в теле ограждающих дамб намывных сооружений и избыточным давлением в поровой воде тонкодисперсных отложений намывных массивов. При достижении критических значений давления предусматривается передача аварийного сигнала на приемное устройство.

В связи с дефицитом земель для размещения отвалов территории некоторых намывных сооружений в Кузбассе используются под отвальные сооружения. Реализация этого мероприятия обеспечивает: — сокращение площадей земельного отвода; — сокращение, как правило, дальности транспортировки вскрышных пород; — ускорение сроков рекультивации гидроотвала, так как без данного мероприятия его поверхность длительное время недоступна для оборудования. Осложняющим обстоятельством ведения отвальных работ на поверхности гидроотвала является развитие деформаций откосов первого отвального яруса из-за низкой несущей способности намывных пород.

Обоснованию технологических схем ведения отвальных работ на гидроотвалах предшествуют детальные инженерно-геологические исследования, которые включают:

1) изучение состава, состояния и свойств пород отвалов, гидроотвалов и их оснований;

2) прогноз развития в намывных массивах гидрогеомеханических процессов и явлений;

3) обоснование параметров отвалов с учетом развивающихся в массивах гидрогеомеханических процессов.

Применительно к гидроотвалам Кузбасса обоснованы три основные схемы отвалообразования, включающие работу на отвале следующего технологического оборудования:

- 1) автомобиль и бульдозер;
- 2) драглайн и железнодорожный транспорт;
- 3) мехлопата и железнодорожный транспорт.

При применении мехлопат на «сухих» отвалах, отсыпаемых на гидроотвалах, используются разработанные рекомендации, предотвращающие попадание экскаваторов в призму возможного оползания за счет частичной переэкскавации отвальных масс из ранее отсыпанной заходки для создания безопасной трассы передвижения отвального механизма — мехлопаты.

В Кузбассе на более чем 40 объектов в различное время велись и в настоящий момент времени ведутся отвальные работы. Так, на одном из крупнейших гидроотвалов Кузбасса («Сагарлыкский»), площадь которого на момент окончания намыва в 1975 году составила 600 га, начиная с 1976 года уложено более 250 млн³ вскрышных пород. В окончательном виде здесь рекомендовано разместить отвалы высотой 150 м. и емкостью около 600 млн м³. В 2008 году завершен намыв гидроотвала на реке Елань Нарык разреза «Талдинский». Его площадь рекомендуется использовать под отвалы «сухих» пород высотой до 80 метров. Причем их отсыпку планируется осуществить за 6-10 лет. На разрезе «Сартаки» отвалы отсыпаются на гидроотвал, сформированный в выработанном пространстве пластов №№ 1—2 при мощности намывных глинистых отложений до 90 м. Техническое предложение по использованию гидроотвалов под отвалы «сухих» пород позволяет увеличить отвалоёмкость территорий с 0,1 до 0,3—1,0 млн м³/га.

С целью получения исходных данных для обоснования размещения отвальных насыпей на территории гидроотвала «Березовый Лог»

по заданию ОАО «Лебединский ГОК» в 1999—2006 гг. выполнялось комплексное зондирование намывного массива гидроотвала «Березовый Лог» на площади около 750 га. Результаты зондирования использования для расчета степени уплотнения остаточных осадков и допустимых нагрузок на намывной массив различной мощности в пределах внутренних зон гидроотвала. Зондирование дополнялось инструментальными наблюдениями по продольному и поперечным профилям для определения осадков массива мощностью до 75 м. Установлена несущая способность намывного массива и уточнены характеристики сжимаемости техногенных отложений. Установлена возможность формирования двухъярусного отвала скальных пород (высота нижнего и верхнего ярусов соответственно 10 и 15 м) с устройством двух отвальных тупиков в пределах секции. Общая приемная способность тупиков составляет около 3 млн м³ в год.

Реализация разработанных рекомендаций обеспечивает размещение около 30 млн м³ рыхлой вскрыши более 100 млн м³ скальных пород на намывных основаниях. Отвалообразование в условиях оползневых деформаций недопустимо в связи со спецификой расположения гидроотвалов № 1 и «Березовый Лог».

Снижение техногенной нагрузки намывных массивов на окружающую среду достигается при функционировании объединенного гидроотвально-хвостового хозяйства, создание которого обосновано исследованиями и проектными проработками институтом ВИОГЕМ, НИИКМА, Центрогипроруда, Укр-гидропроект, проектной организацией «Гидромехпроект».

Два верховых отсека на гидроотвале «Балка Чуфичева» заняты под складирование гидровскрыши карьера, остальные отведены для складирования хвостов Лебединского ГОКа и комбината «КМАруда». Объединенное гидроотвально-хвостовое хозяйство было создано с целью рационального складирования хвостов и снижения безвозвратных потерь воды из хвостохранилища, для чего был разработан метод посекционного заполнения хвостохранилища с объединением прудов-осветлителей гидроотвала и хвостохранилища. На хвостохранилище создана единая система оборотного водоснабжения как для фабрик обогащения и окомкования, так и для гидровскрышных работ в карьере. Для восполнения безвозвратных потерь в этой системе для подпитки используются шахтные воды дренажного комплекса карьера ЛГОКа. Нарращивание гидросооружений до отметки выше 230 м повышает роль гидрогеомеханического мониторинга и требует сгущения наблюдательной сети при обеспечении надежности и оперативности контроля.

Наряду с отмеченными выше преимуществами создания объединенного отвально-хвостового хозяйства на Лебединском ГОКе также накоплен опыт пылеподавления на хвостохранилищах путем закрытия пылящих пляжей экранами из естественных материалов (намывных глинисто-меловых грунтов). На рекультивированном участке хвостохранилища Лебединского ГОКа в 2000—2003 гг. МГГУ проводились эколого-геохимические исследования нанесенного почвенно-растительного слоя, суглинисто-меловых экранов и отходов рудообогачения.

Обеспечению устойчивости ограждающих дамб и пылеподавлению в

приоткосных зонах способствует также отсыпка дамб из пород скальной вскрыши. Определены оптимальные параметры скальных дамб при их отсыпке до высоты 60 м при наращивании хвостохранилища ЛГОКа.

Заключение

1. Намывные техногенные массивы (НТМ) слагают горнотехнические сооружения — гидроотвалы и хвостохранилища, а которые на территории России уложено около 5 млрд м³ отходов обогащения полезных ископаемых и более 1.5 млрд м³ вскрышных пород. Основные направления развития и последующего использования НТМ:

1) разработка (преимущественно гидромеханизированная) как обводненных техногенных месторождений;

2) последующее наращивание намывных горно-технических сооружений;

3) рекультивация для сельскохозяйственных целей или строительства;

4) формирование сухих отвалов на намывных основаниях;

5) создание объединенных гидроотвально-хвостовых хозяйств;

6) функционирование НТМ в составе сложных природно-техногенных систем.

2. Изучение НТМ выполняются с 60-х годов прошлого столетия сотрудниками кафедры геологии МГИ — МГГУ и лаборатории гидрогеологии и экологии ВНИМИ применительно к гидроотвалам КМА, Кузбасса и Канско-Ачинского угольного бассейна, хвостохранилищам Вяземского песчано-гравийного, Лебединского, Михайловского, Оленегорского и Удачненского ГОКов, углеобогачительных фабрик России и Украины

и других намывных объектов различного назначения.

3. Разработаны системы геолого-маркшейдерского обеспечения формирования и функционирования НТМ, включающие методики их инженерно-геологического, гидрогеологического, маркшейдерского и геолого-экологического изучения, обоснования параметров намывных сооружений и технологий их дальнейшего освоения. Геомониторинг позволяет оперативно получать информацию о состоянии намывного массива и откосных сооружений, на основании которой осуществляется выбор способа повышения устойчивости ограждающих дамб, увеличения вместимости сооружения, ускорения водооборота и принимаются решения по дальнейшему использованию намывных сооружений и снижению их негативного влияния на экологическую обстановку в регионе.

4. Установлены закономерности формирования НТМ, позволяющие решать различные горно-технические задачи по их освоению. Предложена схема технолитогенеза, отражающая влияние различных видов инженерной деятельности на формирование состава, состояния и свойств пород отвалов и гидроотвалов. Выполнено инженерно-геологическое районирование НТМ по составу пород, несущей способности $P_{доп}$ и осадкам S различных зон намывных горнотехнических сооружений на заданный момент времени.

5. Выполнение эколого-геохимических исследований хвостохранилищ позволяет получать исходную информацию для оценки их как техногенных месторождений рудно-минерального сырья, определения порядка разработки этих месторождений и эффективности мероприятий по рекультивации намывных массивов.

6. Обосновано и осуществлено размещение на намывных основаниях сухих отвалов в объеме свыше 0,5 млрдм³ для объектов угольной (Кузбасс) и железорудной (КМА) промышленности. Техническое предложение по использованию гидроотвалов под отвалы «сухих» пород позволяет увеличить отвалоёмкость территорий с 0,1 до 0,3—1,0 млн м³/га.

7. Создание объединенных отвально-хвостовых хозяйств рассмат-

ривается как важное направление снижения техногенной нагрузки на окружающую среду, так как становится возможным комплексное решение вопросов гидрозащиты территорий, рекультивации, формирования ограждающих дамб с использованием скальной вскрыши для наращивания гидросооружений, размещение сухих отвалов на намывных основаниях. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Гальперин А.М. — профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

Кутелов Ю.И. — профессор, доктор технических наук, Спб ГИ (ТУ), Санкт-Петербург; e-mail: rectorat@spmi.ru

Круподеров В.С. — профессор, доктор геолого-минералогических наук, ФГУП ВСЕГИНГЕО, Московская область, e-mail: vseginge@rol.ru mb,

Семенов О.Д. — инженер, ОАО «Лебединский ГОК».



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. ПЛЕХАНОВА			
ЛЬВОВ Владислав Валерьевич	Система оптимального управления процессом двухстадийного мокрого измельчения сульфидных медно	25.00.13	к.т.н.
ЖИМИРОВА Анна Вадимовна	Механизм стратегического партнерства в сфере разведки и добычи углеводородов	08.00.05	к.э.н.
ТЯГУШЕВ Сергей Юрьевич	Повышение производительности вибрационной щековой дробилки на основе стабилизации синхронно-противофазных колебаний средствами автоматизированного электропривода	05.09.03	к.т.н.