

УДК 622.014.3:502.76

Ю.В. Кириченко, М.П. Зайцев

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ
И СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ
МАССИВОВ**

Природоохранный эффект возведения насыпных и намывных массивов в горнодобывающей промышленности и других отраслях народного хозяйства достигается управлением их состоянием на основе достоверной информации. Снижение отрицательного влияния отвальных работ на окружающую природную среду (ОПС) достигается уменьшением техногенной составляющей в локальной природно-технологической системе (ПТС) – техногенном массиве [1]. Реализация этого положения достигается посредством:

- минимальной землеёмкости сооружения;
- минимальным сроком его существования или возведения (от начала строительства до рекультивации);
- охраной водных ресурсов и атмосферного воздуха;
- использованием горных работ для решения природоохранных задач (засыпка или замыв оврагов, затопляемых территорий, совместное складирование отходов различного происхождения и т.п.);
- действенным и оперативным контролем за безопасностью работ для принятия своевременных управляющих решений.

Необходимо отметить, что реализация этих принципов возможна только на основе достоверной информации о «жизни» техногенного массива и прилегающих территорий. Причем контроль за состоянием окружающей среды должен носить накопительно-сравнительный характер по

изменениям свойств и состава воды, воздуха и почв.

Традиционно считается, что эти задачи выполняет геомеханический (гидрогеомеханический) контроль, который включает:

- установление соответствия реальных условий отвалообразования проектным;
- определение состава и свойств пород сооружения и его основания;
- сравнение фактических и расчетных показателей свойств с проектными и внесение необходимых поправок в проектные решения;
- оценка устойчивости сооружения на любой момент времени;
- контроль за выполнением проектных мероприятий по обеспечению устойчивости и при необходимости назначение дополнительных мероприятий [2-6].

Наиболее соответствующим понятию управления техногенными массивами (при открытых разработках) является классификация О.Ю. Крячко контроля по следующим видам: инженерно-геологический, гидрогеологический, маркшейдерский и технологический [5]. Это разделение достаточно полно отображает задачи и цели контроля, однако их взаимосвязь и очередность делает такую классификацию несколько условной. Например, технологический контроль может осуществляться только на основании данных, полученных при первичных видах – инженерно-геологическом и маркшейдерском. Поэтому при обосновании путей со-

вершенствования способов и методов получения информации необходимо выделить основные направления, а цели такого контроля и исследования в этой области считать приоритетными. В свою очередь вся информация должна использоваться для принятия технологических решений, способных повысить эффективность и безопасность работ.

Опыт формирования и рекультивации намывных массивов позволяет сделать вывод о необходимости проведения комплексных наблюдений. Получение какой-либо информации для решения частных задач должно сопровождаться накоплением данных для выполнения задач другого вида. Накопленная информация должна максимально использоваться для моделирования. Повышение эффективности природоохранных мероприятий при рекультивации и консервации техногенных массивов напрямую связано с качеством моделирования объекта [6]. В то же время моделирование экологически безопасного массива невозможно без комплексных инженерно-геологических исследований, служащих основой для разработки мероприятий по управлению техногенными массивами. Концепция подготовки к целенаправленному изменению интенсивности геомеханических процессов в техногенных массивах в обобщенном виде представлена в работе [6].

Для получения исходных расчетных характеристик следует отдавать предпочтение натурным наблюдениям. Решение обратных задач при интерпретации данных натурных экспериментов позволяет установить роль отдельных факторов, определить расчетные параметры и закономерности изучаемых процессов с наибольшим приближением к действительности.

Сбор и обработку информации об объекте, моделирование геомеханических процессов целесообразно производить с применением компьютеров. Создание и использование банка данных свойств пород для различных техногенных массивов

позволяет смоделировать техногенный массив и происходящие в нем процессы. Ввод в модель фактических свойств пород, полученных в результате исследований, дает возможность при помощи аналогий смоделировать процессы, происходящие в массиве при различных технологиях формирования и разных способах целенаправленного воздействия на техногенные отложения. Таким образом, можно проектировать горные работы в нескольких вариантах, корректировать их, основываясь на требуемых конечных показателях. При этом значительно снижаются объемы исследований и наблюдений.

Анализ существующих методик и предложений показывает, что при исследованиях техногенных массивов маркшейдерскому контролю уделяется недостаточно внимания. Общепринятые задачи маркшейдерского контроля – это наблюдения за смещениями по стационарным реперам и установления скоростей и параметров деформирования. Например, «Инструкция по производству маркшейдерских работ» (2003 г.) в деятельность включает:

- пространственно-геометрические измерения;
- наблюдения за состоянием отвалов;
- ведение горной графической документации;
- учет и обоснование объемов работ;
- определение опасных зон и мер охраны при разработках.

Использование получаемых данных для решения других задач не предусматривается.

Современная аппаратура и методы маркшейдерских работ позволяют значительно расширить область применения контроля, его свойств и само понятие. Полувековой опыт мониторинга техногенных массивов, накопленный кафедрами Геологии и Маркшейдерского дела и Геодезии МГГУ, показывает, что наиболее трудоемким и технически сложным является

геомеханический контроль намывных массивов, к числу основных задач которого относятся [1, 2, 4]:

- определение показателей водно-физических свойств и гранулярного состава намывных пород;
- установление положения депрессионной кривой;
- получение характеристик деформируемости и сопротивления сдвигу пород тела и оснований сооружений;
- определение вертикальных и горизонтальных смещений ограждающих дамб и внутренних зон намывных массивов;
- оценка устойчивости откосов дамб для различных этапов возведения сооружений;
- установление несущей способности намывных породных масс.

Решение этих задач осуществляется посредством комплекса натурных и лабораторных исследований с применением стационарных и мобильных средств и аппаратуры наблюдений. Совершенствование этих методов и средств с применением маркшейдерского оборудования последних поколений и компьютерного обеспечения исследований позволяет говорить о необходимости становления нового этапа геолого-маркшейдерского мониторинга массива.

Первоочередными и достаточно действенными направлениями совершенствования является использование тензодатчиков при зондировании внутренних зон гидроотвалов. Тензометрический способ позволяет добиться существенного уменьшения погрешностей измерения, связанных с концентрацией напряжений вокруг датчика, особенно при изменении модуля упругости зондируемых отложений в ходе испытаний. Исследования ВНИМИ показали, что точность измерений значительно возрастает при уменьшении размеров микродинамометра до определенных размеров [8]. Еще одним положительным эффектом использования тен-

зодатчиков является их меньшая инерционность. Опыт зондирования гидроотвала «Лог Шамаровский» Михайловского ГОКа показал, что возмущение при зондировании трехпараметрическим зондом МГГУ – ДИГЭС диаметром 75 мм значительно выше, чем при зондировании ШПД ($d = 36$ мм). Кроме того, через некоторое время начинается интенсивное рассеивание порового давления вверх вдоль бурового става [6, 7].

Следующим этапом, облегчающим проведение зондировочных работ на гидроотвалах, является оснащение переносной зондировочной установки ВНИМИ автономным силовым приводом мощностью до 1,0 кВт и ходовой частью, позволяющим не только перемещаться в пределах намывного массива, но и задавливать зонд с заданной скоростью. Для закладки стационарных датчиков-пьезодинамометров по расчетной вероятной плоскости оползания и других целей целесообразно использовать кассету, разработанную одним из авторов и апробированную на намывных массивах КМА. В качестве кассеты можно использовать старые буровые штанги или отрезки труб [7].

Совершенствование приборов и средств маркшейдерских измерений позволяет кардинально изменить методику определения фактических осадок «отдыхающего» намывного массива или отметок поверхности формируемого. Методика дистанционного определения осадок, а через них и несущей способности гидроотвала была разработана МГГУ и ВИОГЕМ применительно к аэрофотограмметрическому методу. Метод включал: составление проекта работ; дистанционное маркирование поверхности намывного массива специальными маркировочными знаками; аэрофотосъемку камерой МРБ 15-2323 масштабом не крупнее 1:4000; составление проекта фототриангуляционной сети; обработку снимков на прецизионном стереокомпараторе и т.д. [1, 2]. Точность оп-

ределения отметок составляла $\pm 2...3$ см (20...30 мм).

Развитие лазерного сканирования позволяет значительно упростить процесс получения реальной поверхности как с применением аэрокосмических методов, так и наземной съемки. Например, наземный лазерный сканер RIEGL LMS-Z420 производит измерения на расстояниях до 1000 м с точностью ± 10 мм. При скорости сканирования 9000 измерений в секунду прибор обеспечивает качество получаемой модели, позволяющей производить топографическое, геологическое, инженерное и конструкторское моделирование и картографирование. Повышение дальности и точности измерения зависят от условий наблюдения (высоты установки прибора, метеоусловий, освещенности и т.п.) и качества отражающей поверхности. Предлагается устанавливать измерительный прибор на переносной телескопической вышке, что позволит увеличить дальность (и площадь) сканирования. Для улучшения отражающей способности разработан способ создания отражающей поверхности труднодоступных зон сооружений. С целью получения оперативной информации от стационарных датчиков перспективно использование принципа сетей абонентского радиодоступа (САРД). В этом случае абонентами служат датчики, а базовый приемо-передатчик устанавливается в пределах радиовидимости. Использование космической радиосвязи позволяет оперативно (или автоматически) считывать показания приборов независимо от места их нахождения, вводить их в компьютер и получать требуемую информацию. Датчик можно настроить на передачу сигнала в системе Bluetooth.

Для выявления путей фильтрации через дамбы и плотины намывных сооружений можно использовать радиометрические методы, методы вертикального электрического зондирования, а в производственных условиях – окраски локальных участков предполагаемой фильтрации

кристаллами марганцовокислого калия и т.п.

Космические методы мониторинга достаточно дороги и целесообразность их применения требуют отдельных исследований.

Разработанные методы мониторинга позволяют оперативно получать информацию о состоянии техногенного массива и откосных сооружений, на основании которой возможно с высокой степенью вероятности прогнозировать состояние намывных и насыпных массивов, оценивать степень их воздействия на окружающую среду и принимать действенные решения по использованию сооружений и снижению вредного влияния объекта на экологическую обстановку в регионе.

Выводы

1. Экологическая безопасность объекта обеспечивается экологическим контролем его состояния. Контроль должен включать геомеханические и маркшейдерские наблюдения за осадками поверхности и интенсивностью деформационных процессов, гидрогеологические – за состоянием и режимом подземных вод в районе массива, геохимические – за состоянием почвы и воды в районе массива, и за составом газов, выделяемых техногенными отложениями.

2. Геолого-маркшейдерский мониторинг техногенных массивов должен обеспечивать устойчивое состояние инженерного сооружения, выявления потенциально опасных участков и процессов, способных нарушить устойчивость экологического равновесия в негативную сторону, прогнозирование негативных процессов и разработку рекомендаций по предупреждению их.

3. Перспективными направлениями совершенствования системы геоэкологического контроля является применение тензорезисторных датчиков в комбинированных зондах, компьютерная обработка и считывание информации, оборудование переносной буровой установки ВНИМИ автономным силовым приводом, приме-

нение наземного лазерного сканирования для контроля состояния массива. Для контроля откосных сооружений целесообразно применение контрольных профилей из датчиков-пьезодинамометров струнного типа, заложенных по расчетной плоскости скольжения с определением текущего ко-

эффициента запаса устойчивости по компьютерной программе МГГУ.

4. Подачу импульса на измерительный прибор и считывание получаемой информации целесообразно производить с использованием радиотелефонных или радиорелейных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Кириченко Ю.В. Инженерно-геологическое и геотехническое обеспечение возведения, консервации и рекультивации гидроотвалов и хвостохранилищ (анализ 30-летнего опыта). – М.: Геоэкология, № 4, 2000.
2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: Изд-во МГГУ, 2003.
3. Указания по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях / Ю.И. Кутепов, Ю.А. Норватов, Н.А. Кутепова – Л.: ВНИМИ, 1989.
4. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости.- Л.: ВНИМИ, 1971.
5. Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ. – М: Недра, 1980.
6. Кириченко Ю.В. Геоэкологические аспекты формирования техногенных массивов. – М.: Геология и разведка, № 6, 1999.
7. Кириченко Ю.В., Котькова О.В., Федорова Ю.Е. Совершенствование методов получения оперативной информации о состоянии техногенных массивов. – М.: Геология и разведка, № 3, 2002.
8. Зувев Б.Ю. Определение деформационных характеристик датчика для измерения давления в мелкодисперсных средах. – В сб.: Проблемы горной геомеханики при разработке полезных ископаемых. Л., ВНИМИ, 1989.

Коротко об авторах

Кириченко Ю.В. – профессор, доктор технических наук,
Зайцев М.П.,
Московский государственный горный университет.

