© А.Г. Михайлов, И.Н. Привалихин, 2007

УДК 622.271

А.Г. Михайлов, И.Н. Привалихин

РАЗРАБОТКА ГИПЕРГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ МЕТОДАМИ МАССОВОГО ОПОЛЗНЕВОГО ОБРУШЕНИЯ И СЕЛЕВОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГОРНОЙ МАССЫ

Семинар № 16

Месторождения, сформированные в результате гипергенеза, обладают рядом характерных свойств. Измененный массив горных пород в основной своей массе представляет собой рыхлые породы, частицы которого связанны силами поверхностного натяжения водных оболочек. Типичными представителями гипергенных месторождений являются месторождения, приуроченные к корам выветривания. Как площадные, так и ленточные коры выветривания имеют различный характер оруденения: от весьма выдержанных по мощности рудных тел до небольших линз. Рудные тела с кондиционными содержаниями полезного компонента в площадных и ленточных типах могут быть разделены протяженными безрудными зонами, которые не позволяют осуществлять разработку единым карьером, применяя традиционный подход к разработке месторождения. В то же время, в зонах между рудными телами могут присутствовать небольшие локальные участки с относительно высокими содержаниями полезных компонентов, которые для традиционного подхода отработанными быть не могут ввиду экономической нецелесообразности, и будут являться потерями. Примерами такой ситуации могут служить такие золотоносные месторождения в районе Нижнего Приангарья, как Озерное, Самсон, Герфед, приуроченные к коре выветривания. Отдельные участки этих зон вторичного преобразования, выявленные как рудные тела, в золотоносной коре выветривания каждого из названных месторождений, отвечают всем требованиям для разработки открытым способом. Причем, единым карьером всё месторождение из перечисленных отработано быть не может, несмотря на присутствие локальных зон оруденения на относительно безрудных участках. Разработка подобных месторождений при традиционном подходе может быть осу-ществлена только для части запасов из наиболее значимой совокупности рудных тел отдельными карьерами.

Более полное освоение запасов в подобных условиях возможно при проведении геотехнологической подготовке месторождения. Суть геотехнологической подготовки, как известно[1], заключается в целенаправленном преобразовании массива месторождения (или его участка) для приемлемых в традиционной технологии разработки параметров с использованием ресурсов недр. Основополагающими здесь являются понятия геологического прототипа для продолжения процессов рудообразова-

ния посредством вовлечения дополнительных ресурсов недр, которые присутствуют на рассматриваемом участке массива или создают техногенно в ходе освоения месторождения. Для «запуска» геотехнологической подготовки производят, как правило, инициирование геологического процесса преобразования недр. Техногенно инициированный процесс преобразования массива питается потенциальными ресурсами геологической среды, поэтому не требует высоких затрат со стороны, однако, для того чтобы процесс протекал управляемо, в заданном направлении и с необходимой скоростью, «запуск» процесса требует совершения некоторой работы. Как правило, эта работа связана с подготовкой по выведению системы из состояния, близкого к равновесному. Для протекания природного геологического процесса подготавливаемый участок недр должен представлять собой неравновесную природную систему, поскольку все процессы протекают в направлении приведения локальной системы недр в равновесное состояние. И чем дальше система будет находиться от состояния природного равновесия, тем легче будет процесс «запускаться» и интенсивнее протекать. Некоторая тонкость в подходе к разработке месторождений с геотехнологической подготовкой заключается как раз в оценке уровня природных потенциалов, удерживающих систему в равновесии. Направление природного процесса в недрах и его скорость зависит от того, насколько значимым является именно тот потенциальный ресурс недр, который приведет в итоге к желаемому результату и от того, насколько существенно удастся развести потенциалы при «запуске» процесса. После того, как процесс будет запущен для протекания в определении направлении , имеющийся потенциал будет стремится привести систему в новое равновесное состояние, параметры массива в котором будут отвечать более приемлемым показателям.

Наиболее распространенным и весомым, с точки зрения масштаба воздействия в поверхностной зоне ландшафта является ресурс перепада высот, приводящий к выравниванию поверхности. Для условий разработки месторождения он является наиболее привлекательным по ряду причин. Прежде всего, он присутствует практически повсеместно либо в природном исполнении в виде склонов и возвышений поверхности на участке месторождения, либо техногенный — выработанное пространство карьера. Кроме того, процесс пенепленизации или выравнивания земной поверхности является достаточно изученным геологическим процессом и ему уделяют немало научного и общественного внимания. С ним связаны постоянные природные оползневые и селевые катастрофы, наносящие весьма ощутимый вред среде обитания человека. Кроме того, такие природные процессы, как оползни и сели, протекающие под воздействием перепада высот, являются быстро протекающими геологическими процессами, которые, при этом, могут осуществлять единовременное перемещение огромных масс горной породы, объемы которых сопоставимы с годовыми объемами выемки мощных горнодобывающих предприятий.

Оползни могут быть вызваны действием разных факторов, но суть причины его возникновения заключается в том, что в определенный момент сила тяжести оказывается больше силы связности грунта. Часть массива склона становится нестабильным и, тем самым, готовым к смещению. Предпосылками к образованию опол-зней может служить такое залегание пород, при котором падение

кровли водоупорных пород совпадает с направлением уклона поверхности. Водоупорный горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой более или менее значительный блок породы соскальзывает вниз по склону. Неустойчивости склона способствует и повышение обводнённости грунтов, рыхлых отложений или горных пород. Избыточная вода в массиве переводит связи частиц на более низкий уровень связности. Кроме того, наличие межпластовой воды может действовать подобно смазке и облегчать скольжение. Связность горных пород может быть снижена при замерзании. Участие воды в самом ходе процесса не является обязательным условием. Но при лучшем увлажнении плоскости скольжения создаются условия для более активного хода процесса.

Для конкретных условий массива с его состоянием критический угол для оползня индивидуален и, как правило, может находиться в диапазоне от 3 до 25° и более [2,3], в зависимости от массы и совокупного сопротивления по плоскости скольжения. По динамическому воздействию на пусковой механизм начала образования оползней выделяют три группы: 1 — тиксотропное разжижение; 2 — резонансное воздействие; 3 — взрывы.

Малые углы склонов не гарантируют надежного перемещения горной массы на такие расстояния, которые бы обеспечивали вскрытие того или иного участка месторождения. Поэтому важной составляющей при проведении массового оползневого обрушения является селевой транспорт смещенного материала массива с его первоначального места локализации. Селевой поток может существовать и при гораздо меньших углах склонов (до 1 градуса) [4]. Применение селевого транспорта пород, которые первоначально были отделены от массива методом оползня, позволяют переместить материал на достаточно боль-шие расстояния, используя исключительно природные ресурсы, что является весьма привлекательным. Однако, для условия выполнимости селевого транспортирования материала горных пород необходимо организационное наложение подачи водного потока в момент оползневого обрушения материала массива. Это требует слаженности в проведении подготовительных операций. При соблюдении стыковки операций материал массива может быть перемещен единовременно в том объеме, который был к этому подготовлен.

Перемещение горных пород оползне-селевым методом применимо для нагорных участков месторождений или для бортов горных выработок, как для вскрышных пород, так и для руды. Массовое оползневое перемещение вскрышных пород с нагонных участков месторождения вниз по склону, в зависимости от перемещаемых объемов, позволит существенно снизить коэффициент вскрыши со всеми вытекающими последствиями.

Наибольшую часть пород, на наш взгляд, можно перемешать на этапе строительства карьера при наличии базовых условий: наличие склона на участке месторождения; подготовленное место для перемещаемых пород; принципиальная возможность создание плоскости скольжения для перемещаемого массива пород и т.д. (в соответствии с конкретной обстановкой). Если условия соблюдены, то одним из возможных вариантов массового оползне-селевого перемещения может быть представлен следующим образом (рис. 1). На поверхности, в складках рельефа, выше участка предполагаемого строительства карьера, накапливают необхо-

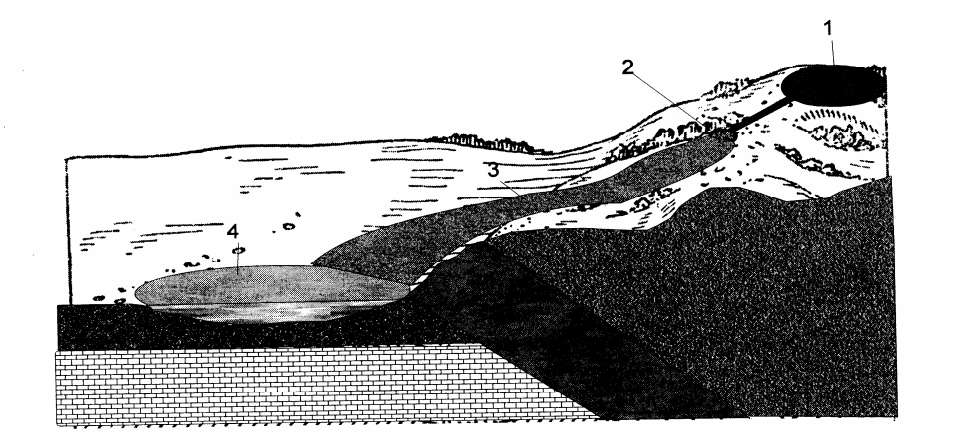

Рис. 1. Схема массового оползне-селевого перемещения вскрышных пород на начальном этапе разработки: *1* – озеро, *2* – разрезная траншея, *3* – селевой поток, *4* – селевая ловушка.

димый запас воды с заградительной дамбой. Дамба должна быть сооружена таким образом, чтобы позволила в короткий период осуществить сброс наибольшего объема воды.

На участке месторождения проходят разрезную траншею, ориентиро-ванную вкрест направления водного потока и по глубине, достигающую плоскость скольжения. Наличие траншеи желательно с той точки зрения, что мощным водным потоком будет захвачен весь смещенный оползнем материал. Также на участке проводят подготовку плоскости скольжения и материала самого массива для оползневого смещения. В качестве плоскости скольжения может быть использована природная геологическая структура в виде прослоев глинистых сланцев. В случае отсутствия наличия благоприятной природной особенности, плоскость скольжения приготавливают техногенно. Это может быть ряд наклонных скважин (под углом предполагаемого оползня) в намеченной плоскости скольжения и по всей длине участка массива. В зависимости от состояния пород в зоне плоскости скольжения оползня, материал может быть просто насыщен водой (через скважины), либо взрыхлен взрывным методом, а затем насыщен водой. После того, как подготовлены и плоскость скольжения и разрезная траншея, осуществляют сотрясание массива и одновременно освобождают воду из накопительного бассейна 1. Сотрясание формирует оползень из подготовленного объема массива. Массив приходит в движение. В это время волна водного потока, накладываясь на оползневую массу, формирует селевой поток и интенсивно перемещает весь материал с участка месторождения вниз на подготовленное ложе в долине 4.

Для условий разработки месторождений с разрозненным природным размещением рудных тел в массиве, или с разработкой вытянутых рудных тел, вариант перемещения верхней части вскрышных пород может быть представлен следующим образом (рис. 2). Для первоначальной разработки выделяют на рудном поле крайние рудные тела. Подготавливают поверхностный участок вскрышных пород для удаления методом массового оползневого обрушения с селевой транспортировкой вниз по склону за пределы контура карьера по схеме, описанной выше. После удаления вскрышных пород осуществляют строительство карье-

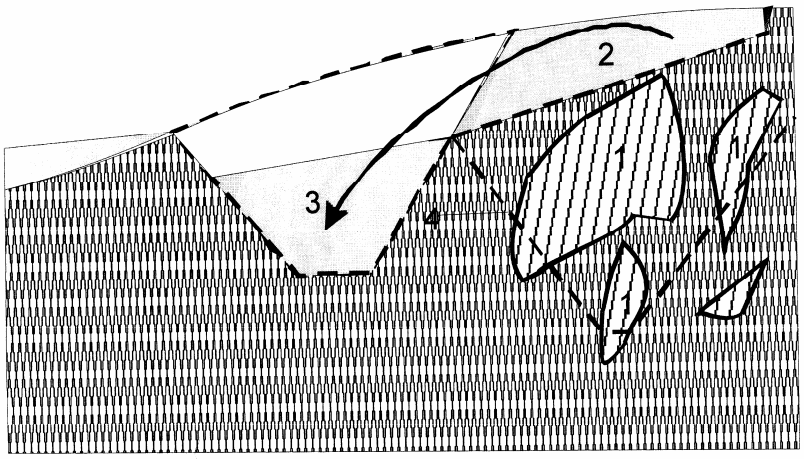

Рис. 3. Схема перемещения верхней части вскрышных пород методом массового оползневого обрушения и селевой транспортировки в выработанное пространство: 1 – рудное тело, 2 – перемещаемая часть вскрыши, 3 – перемещенная вскрыша

ра и отрабатывают часть запасов месторождения по традиционной технологии. По завершению отработки карьером этого участка будет сформирована емкость в виде выработанного пространства.

Для разработки следующего участка месторождения верхнюю часть объема вскрышных пород этим же методом перемещают в выработанное пространство отработанного карьером участка (рис. 3).

Такой подход можно сопоставить с вариантами разработки месторождений с внутренним отвалообразованием, с тем различием, что основную часть материала вскрышных пород перемещают единовременно природными силами и с минимальными затратами (с использованием природного ресурса недр).

Как вариант освоения месторождения с геотехнологической подготовкой месторождения метод массового оползневого разрушения и селевой транспортировки может быть применен также как к локальным объемам рудной массы, так к целым месторождениям.

Тот же самый механизм целесообразно, на наш взгляд, использовать для относительно труднодоступных и небольших по объемам удаленных участков, а также для рудных тел месторождений, материал в которых может быть доведен до кондиционных показателей в процессе предварительной подготовки. Метод применим для ряда россыпных месторождений, пески которых рассредоточены по долине на достаточно больших расстояниях и имеют малую продуктивную мощность. Весь объем материала селевым потоком может быть перемещен вниз по долине и сосредоточен на относительно небольшой площади. В результате пески во вновь сформированной россыпи могут быть отработаны дражным методом и в короткие сроки.

При перемещении материала селевыми потоками материала россыпей с разной интенсивностью гранулометрический состав может достаточно значительно различаться. Это свойство селевого метода перемещения можно использовать для формирования вновь образуемых зон концентрации не только по площади, мощности, но и грансоставу.

Таким образом, рассмотренный метод геотехнологической подготовки массового оползневого обрушения и селевой транспортировки может быть использован, преимущественно, на гипергенных месторождениях, сложенных рыхлыми породами, однако в некоторых случаях метод применим и для скальных горных пород. Потенциально метод позволит менять некоторые изначальные параметры месторождения в сторону повышения доступности, как отдельных его участков, так и в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пешков А.А., Мацко Н.А., Михайлов А.Г., Брагин В.И.* //Экология антропогена и современности: Природа и Человек: Экономические и экологические аспекты концепции активной геологии. Сборник научных докладов международной конференции (Волгоград — Астрахань — Волгоград, 24—27 сентября 2004 г.). с. 366—371.
2. *Пушкарев В.И.* К вопросу напряженно-деформированного состояния и расчета оптимальных параметров откосов в массиве с крутопадающей слоистостью. — «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», 1988, № 5.
3. *Галустьян Э.Л.* Крупномасштабные деформации бортов карьеров в слоистых породах. — «Горный журнал», 1990, № 5.
4. *Черноморец С.С.* Расчет объема селевой массы. — Транспортное строительство, 1991, № 11, с. 4—6. ГИАБ

Коротко об авторах

Михайлов А.Г., Привалихин И.Н. – ИХХТ СО РАН, Красноярск.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 16 симпозиума «Неделя горняка-2006». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.С. Коваленко.*