

УДК 622.271

**Г.М. Еремин**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ПАРАМЕТРОВ**

*Приведены основные положения по необходимости учета комплекса факторов, таких как горногеологические, климатические, технологические при обосновании технологии отвалообразования. Предложены новые методологические подходы при обосновании выбора метода определения параметров отвалов.*

*Ключевые слова: нагорные отвалы, деформация отвалов, отсыпка пород, вскрышные породы, метод расчета параметров отвалов.*

Семинар № 17

### **G.M. Eremin PERFECTION OF DUMP FORMATION TECHNOLOGY AND METHODS OF THEIR PARAMETERES DEFINITION**

*There are presented basic provisions concerning the need in taking into consideration a number of factors, such as mining-geological, climatic, technological when substantiating the piling. New methodological approaches are proposed for substantiation of the selection of the dumps parameters determination method.*

*Key words: upland dumps, dumps deformation, fill rocks, stripping rocks, a method of calculation of dumps parameters.*

**Р**анее проведёнными исследованиями обосновано, что создание высоких нагорных отвалов, отсыпаемых с крутых склонов, не представляет технологических сложностей, и они могут быть устойчивы при отсыпке пород без влаги на сравнительно сухие склоны и с небольшим слоем растительных проявлений и четвертичных отложений (проф. В.Г. Зотеев, Ц.Х. Абемян и др.).

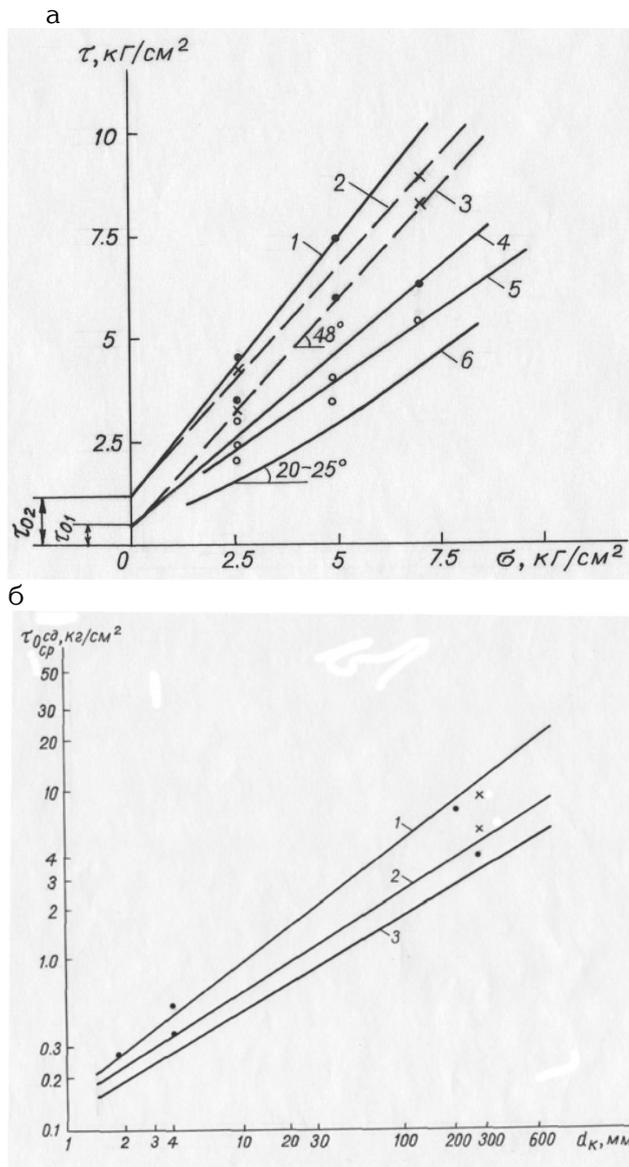
Однако в реальных условиях на формирование устойчивых отвалов влияние оказывают ряд факторов, таких как:

- попадание осадков (твёрдых и жидких) в породную массу;
- выход трещинных вод и верховодки на склоны;
- наличие слабых пород в основании отвалов;
- отсутствие эффективных технологий и способов управления отвалообразованием на склонах.

Проявление и влияние последних двух факторов настолько значительно, что даже в зонах средней полосы имели место неоднократные деформации отвалов. По результатам работ, проведённых под руководством проф. С.И. Попова оказалось возможным классифицировать их типы и сформировать научно-технические положения по их образованию, нейтрализации и предотвращения. Оползневые деформации отвалов были связаны, в основном, с проявлением и случаями возникновения надподошвенных, подошвенных и подподошвенных оползней.

Известны деформационные подвижки отвалов на горных склонах южных широт, проявляющиеся в виде, как оползневых смещений, так и обрушений типа селей.

Изучение опыта отвалообразования в условиях Заполярья, в частно-



**Рис. 1. Изменение величины сопротивления: (а) сдвигу от нагрузки для пород влажных и с различным содержанием снега, влаги (воды) ( $\omega$ ) и температуры ( $t$ ); (б) начального сопротивления сдвигу для крупноблочных пород: а - 1 -  $\omega_3=2\%$ ; 2 -  $\omega_3=10\%$ ;  $t=-2^\circ\text{C}$ ; 3 -  $\omega=10\%$ ;  $t=-1^\circ\text{C}$ ; 4 -  $\omega=0\%$ ; 5 -  $\omega_в=10\%$ ; 6 -  $\omega_в=15\%$ ; б - 1, 2, 3 - по данным экспериментов (Горный институт КНЦ РАН) (приборы с малой площадью среза и крупноразмерной установки  $300\times 300$  мм)).**

сти в Хибинах показало, что деформации пород отвалов имеют ряд своих особенностей и закономерностей. Они могут проявляться как в виде осадок (уплотнения) (на площадках и частично в породной массе в откосах), деформационных подвижек пород на склонах (уплотнение плюс

смещение), упрочения пород (смерзание под толщей налегающих пород), оползневых подвижек, захватывающих часть пород отвала (приоткосную зону) или весь отвал (временные отвалы) и, наконец, смещение отвала на сравнительно пологую часть склона с последующим таянием снега в породной массе, насыщения её тальми и жидкими осадками и, затем, обрушения разжиженного тела отвала, типа селя, с энергией, соответствующей в среднем  $1-2$  млн  $\text{м}^3$  пород [1].

Пока велась отсыпка пород на горных склонах деформации отвалов подчинялись описанным выше их типам и видам. Из 28 отвальных площадок на склонах, на которых велось отвалообразование на четырёх из них смещение отвалов по склону носило характер постепенного нарастания скорости деформации и выхода на пологую часть (отвалы № 1 и частично отвал № 2, временные от-

валы № 8, 9, 10), на одной площадке на склоне южной экспозиции отмечено примерзание отвала к склону (отвал № 5). По данным маркшейдерской службы на остальных площадках имели место 23 обрушения отвалов типа селей или 83% всех случаев. Изучение породного материала в лабораторных условиях показало, что в его состав кроме кусковых и мелкодисперсных частиц может входить снег (лёд), влага, и при её замерзании-таянии свойства такого породного конгломерата могут изменяться на 2-3 порядка (по сцеплению, изменению прочности образца смёрзшейся массы на сжатие и разрыв и при таянии). Изучены и выявлены деформационные и сдвиговые, а также компрессионные свойства породного материала с включением различного количества снега, влаги под действием различных нагрузок в поле плюсовых и отрицательных температур (рис. 1, а, б).

Выявленные особенности и закономерности деформаций породного материала и пород отвалов вошли в состав разработанных технологических схем отвалообразования на склонах, учитывающих как сезон года, параметры склонов, так и назначение отвалов: основные, временные отвалы самотранспортирования и дополнительные – на крыльях залежи. При разработке основных принципов новых технологий являлось недопущение переувлажнения водой, перенасыщения породной массы снегом в зимние периоды (более 30-40% объёма пор) при длительной остановке без отсыпки пород отвалы, переувлажнения пород в периоды паводков и выпадения жидких осадков (сбалансированное регулирование интенсивностью отсыпки пород), защита слоёв зимнего периода отсыпки породы без снега (постепенный переход от зимнего периода в отвалообразовании в летний).

Это создаёт основу для компенсации возрастающей нагрузки и тангенциальных напряжений сопротивления сдвигу в различном диапазоне влияющих факторов по сравнению с действием только трения и сопротивления пород на сдвиг для породного материала без воды и снега, в условиях которых создаются отвалы большой высоты и достаточно устойчивые. При попадании влаги и снега деформируемость отвальной породы повышается. При выявленных свойствах и закономерностях её деформирования создаются условия для использования пластической составляющей деформации пород в практических целях – для создания временных отвалов – самотранспортирования пород за границы карьера, что и было реализовано в условиях карьера Центральный ОАО «Апатит» с большим экономическим эффектом.

Создавая экран для защиты породного тела зимнего периода отсыпки, можно сформировать мёрзлое ядро, интенсифицировать процессы смерзания пород со снегом, повышая их сдвиговые свойства и, таким образом, можно добиться снижения скорости деформации отвалов и тем самым также повысить высоту отвалов.

Закрытие же отвалов при их деформации приводило их к смещению, таянию снега в них до предельно критического водонасыщения пород, и затем к обрушению со склонов типа селей. На основе изучения механизма зарождения селя и его развития предложены способы его нейтрализации, и предотвращения формирования устойчивого отвала путём боковой засыпки породой зарождающегося очага селя. При этом исключается или резко снижается влияние радиационного тепла и жидких осадков на разупрочнение породного материала. В целом, разработанные способы уп-

равления отвалообразованием на склонах включают комплекс мероприятий, как организационного характера, так и применения новых научно-методических положений, учитывающих выявленные закономерности деформирования породного тела с включением снега и воды во времени. На основе рекомендованы новые технологические схемы, позволяющие в практических условиях реализовать способы формирования отвалов в виде основных (высоких), временных (с управляемой пластической составляющей деформации отвалов) и дополнительных (на крыльях залежи). Применение разработанных способов отвалообразования на горных склонах рассмотрено на примере формирования устойчивых отвалов на строящемся карьере «Олений Ручей» в Хибинах.

По предпроектным проработкам вскрышные породы размещаются в двух отвалах: № 1 и № 2, причём отвал № 2 самый ёмкий ( $V=30,4$  млн.м<sup>3</sup>), отсыпается на большом протяжении вдоль дороги и которые могут быть подвержены деформациям в той или иной степени, что может представить определенную сложность при её эксплуатации.

Анализ горногеологических и горно-технических условий района месторождения «Олений Ручей» и особенностей его разработки карьером показывает, что при составлении проекта целесообразно учесть два предложения: одно из них связано с выбором площадок под отвалы (размещение отвалов); второе – с особенностью их отсыпки и поддержания в устойчивом состоянии.

Поскольку вскрытие верхних горизонтов карьера начинается в его южной и юго-западной зонах (профили 19-21), целесообразно разместить отвал № 1 с юго-западной стороны от карьера, используя участок дороги «Олений Ручей» – «Ньюрпахк» для

выезда из карьера и скользящие съезды для доставки породы от отработываемых рабочих уступов (горизонтов) до 2-х ярусного отвала. На его верхний ярус (отметка 540 м) может направляться часть породы отработываемых верхних нагорных горизонтов рабочего борта в его северо-западной зоне. Ёмкость отвала – 10-15 млн.м<sup>3</sup>.

По предложениям ГоИ КНЦ РАН при разработке нагорной северной части рабочего борта отвал № 2 размещается в контурах отвала № 1 при предпроектных проработках в виде 3-х ярусного отвала с отметкой +500, +460 и +410 м ёмкостью отвала 25 млн.м<sup>3</sup>. В верхнем ярусе может размещаться порода верхних и средних горизонтов, а в последнюю очередь отсыпается нижний ярус (подгорный) с отметки +410 м, на который поступает часть породы глубинных горизонтов (8-10 млн.м<sup>3</sup>), и начинает развиваться отвал № 3 (в контурах предпроектного отвала № 2). Отвал № 3 – одноярусный с отметкой яруса +420 м. Ёмкость отвала – 10-15 млн.м<sup>3</sup>. Отсыпка отвала № 3 в таком виде предполагает снижение его высоты до 80 м и отдаление отсыпаемых пород от интенсивно эксплуатируемой дороги.

При доработке карьера порода может размещаться в двух внутренних отвалах – № 4 и № 5, располагаемых в северо-восточной и юго-западной зонах карьера, отметка верхнего яруса отвала № 4 может быть принята +420 м, а нижнего – 390÷380 м, а отвала № 5: верхний ярус +320 м, нижний – 290÷300 м. Общая ёмкость отвалов – 4-5 млн.м<sup>3</sup>.

Таким образом, вся порода объёмом 46,3 млн.м<sup>3</sup> (в плотном теле, с учётом разрыхления ( $K_p=1,35$ ) – 52,2 млн.м<sup>3</sup>, может быть размещена на предлагаемых площадках отвалов ( $V=65-67$  млн.м<sup>3</sup>), в том числе с учё-

Таблица 1  
**Параметры и объемы размещаемых пород  
 в отвалах карьера «Олений ручей»**

Отвалы, ярусы	Высотные отметки отвалов	Средняя площадь и высота отвалов		Объемы в разрыхлен- ном состоя- нии, млн.м <sup>3</sup>	Отвалов в плотном теле, млн.м <sup>3</sup>
		S <sub>ср</sub> , тыс.м <sup>2</sup>	H <sub>оср</sub> , м		
№ 1 нижний	+420÷+480	84.0	60	5.0	3.7
верхний	+460÷+540	125.0	80	10.0	7.4
№ 2 верхний	+380÷+500	100.0	100	10.0	7.4
средний	+350÷+460	100.0	100	10.0	7.4
нижний	+320÷+480	182.5	80	15.0	11.1
№ 3	+320÷+420	125.0	80	10.0	7.4
№ 4, 5 (внут- ренние)				5-7	3-5
Всего				65-67	47.4-49.1

том дополнительных вскрышных пород при доуглубке карьера ( $V=7,4$  млн.м<sup>3</sup>) (табл. 1, рис. 2). При предлагаемом варианте выбора местоположения отвалов вблизи контура карьера расстояние перевозки вскрыши снижается на 1 км.

На устойчивость отвалов влияние оказывает не только высота, но и способ отсыпки пород зимнего (со снегом) и летнего периода для чего:

1) Необходимо экранировать (защитить) породные слои зимнего периода породой без снега при переходе от одного сезона в другой.

2) Для исключения обрушения отвалов со склонов типа сель предусмотреть создание подпорных отвалов, отсыпаемых на пологом основании по специальной технологии.

3) Использовать положительный опыт и технологию отсыпки породы отвалов, имеющуюся на рудниках Центральный и Восточный ОАО «Апатит».

4) Предусмотреть создания ложа отвалов в тальвиговой части долин с целью недопущения накопления воды в основании отвалов.

5) При размещении моренных пород совместно со скальными их шихтовка

должна обеспечивать соответствие и не превышать объем пор разрыхленной породы.

6) Проведение нагорной канавы, предупреждающей сток воды в отвалы.

Выполнение указанных выше рекомендаций позволит повысить устойчивость отвалов на горных склонах, а при их возведении в долинах на пологих склонах могут быть использованы средства поточного транспорта (конвейер и отвальная консоль), что может резко повысить эффективность процесса отвалообразования в целом по карьере.

Применяемые в настоящее время методы определения параметров отвалов, в том числе ВНИМИ, предусматривают включение в рассмотрение при расчетах усредненных экспериментальных данных, а затем введение ещё коэффициента запаса устойчивости отвалов ( $K_3=1,2-1,3$ ), что может значительно занижить рекомендуемые параметры отвалов. Другим недостатком применяемых в проектной практике схем расчета является то, что эти схемы не учитывают ряд технологических факторов, в том числе климата района, периодов выпадения твердых и жидких осадков, интенсивности

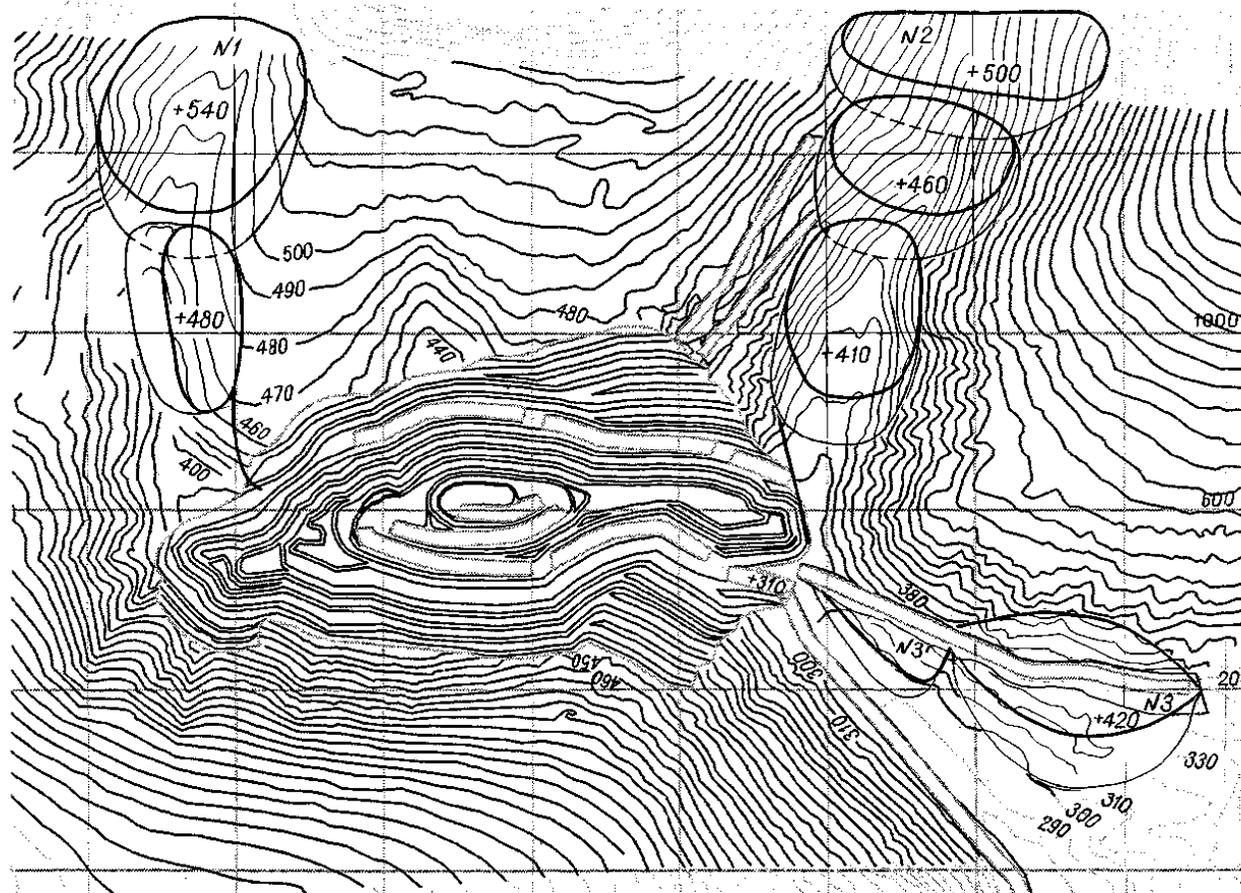


Рис. 2. Схема размещения отвалов на карьере «Олений ручей»



Таблица 2

**Сравнение расчетных данных параметров отвалов**

Свойства пород	Традиционные методы		Предлагаемый метод	
	показатели $\varphi, C$	высота отвала, $H_0$ , м	показатели $\varphi, C$	высота отвала, $H_0$ , м
Расчетный угол внутреннего трения, $\varphi$ град	28 - 32	80 - 90	32 - 35	160 - 180
Сцепление пород, $C$ т/м <sup>2</sup>	2 - 4		8 - 10	200 - 280*

\* Примечание: Фактические данные по отвалам № 8, 9, 6, 15, 11 рудника Центральный ОАО «Апатит».

При определении параметров отвала учитывается изменение свойств породного материала в подстилающей поверхности отвала, в верхней, средней зонах и в основании отвала, где формируется поверхность скольжения (смещения). На основе наблюдений и испытаний породного материала со снегом (льдом) выявлено, что деформации отвала возрастают при попадании талых и трещинных вод в нижние слои подстилающих пород, что и определяет предельную высоту отвала (табл. 2).

Отличием в методах является то, что сдвиговые свойства пород в верхних и нижних зонах отвала могут значительно отличаться (почти на порядок), поскольку в основании отвалов скапливаются крупноблоковые породы и сцепление их почти не зависит от попадания влаги. В связи с этим применение усредненных значений сцепления и угла внутреннего трения для пород отвала не правомерно и вызывает серьезные ошибки.

Отсыпка пород в отвалы без значительных деформаций обеспечивается с помощью разработанной тех-

нологии ведения работ. В основе её защита слоёв зимней отсыпки породной массой без снега, создание мерзлых зон в отвале, регулирование интенсивностью отсыпки пород в периоды выпадения жидких осадков, а также разработка и применение эффективных мероприятий по консервации отвалов при окончании работ, что позволит на длительное время обеспечить устойчивое состояние отвалов (без оползней и обрушений).

Полученные расчетные параметры отвалов близки к фактически достигнутым (250–300 м), а их приемная способность в 3–5 раз и более превышает рекомендуемые, полученные традиционными методами (высота отвалов 80–90 м при разработке месторождений апатитовых руд в Хибинах, золоторудного месторождения в Киргизии и др.). Это позволяет создавать на карьерах, особенно глубоких, высокие и устойчивые отвалы, применением, в том числе и циклично-поточной технологии с элементами поточной технологии при создании 2–3 ярусных отвалов большой емкости.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Еремин Г.М. Физико-технические и геомеханические процессы в насыпных породах на склонах. М.: Изд. «Горная книга». – 2007. – 343 с. **ИЛАС**

**Коротко об авторе**

Еремин Г.М. – научный сотрудник, кандидат технических наук, Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук,  
E-mail: bugasha@goi.kolasc.net.ru