

УДК 622.271

**Г.М. Ерёмин**

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ И МЕТОДОЛОГИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ**

*Даны рекомендации, позволяющие повысить устойчивость отвалов на горных склонах и использовать средства поточного транспорта при возведении отвалов в долинах на пологих склонах.*

*Ключевые слова:* отвалообразование, технология отсыпки, деформация горных пород.

**Семинар № 14**

---

**P**анеё проведёнными исследованиями обосновано, что создание высоких нагорных отвалов, отсыпаемых с круtyх 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. Абегян и др.).

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

- попадание осадков (твёрдых и жидкých) в породную массу;
- выход трещинных вод и верховодки на склоны;
- наличие слабых пород в основании отвалов.

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 предот-

вращения. Оползневые деформации отвалов были связаны, в основном, с проявлением и случаями возникновения надподошвенных, подошвенных и подподошвенных оползней.

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

Изучение опыта отвалообразования в условиях Заполярья, в частности в Хибинах показано, 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 подвижках пород на склонах (уплотнение плюс смещение), упрочнения пород (смерзание под толщей налегающих пород), оползневых подвижек, захватывающих часть пород отвала (присклоновую зону) или весь отвал (временные отвалы) и, наконец, смещение отвала на сравнительно пологую часть склона с последующим таянием снега в породной массе, насыщения её талыми и жидкими осадками и, затем, обрушения разжиженного тела отвала, типа селя, с энергией, соответствующей в среднем 1—2 млн м<sup>3</sup> 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 настроения скорости деформации и выхода на пологую часть (отвалы № 1 и частично отвал № 2, временные отвалы № № 8, 9, 10), на одной площадке на склоне южной экспозиции отмечено парадоксальное явление, связанное с примерзанием отвала к склону (отвал № 5). По данным маркшейдерской службы на остальных площадках на период 1.03.1983 г. имели место 23 обрушения отвалов типа селей или 83 % всех случаев.

Изучение породного материала в лабораторных условиях показало, что в его состав кроме кусковатых и мелко-дисперсных частиц может входить снег (лёд), влага (вода) и при замерзании-таянии свойства породного конгломерата могут изменяться на 2-3 порядка (по скреплению, 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 вложением различного количества снега, влаги под действием различных нагрузок в поле плюсовых и отрицательных температур. Выявленные особенности и закономерности деформаций породного материала и пород отвалов вошли в состав разработанных технологических схем отвалообразования на склонах, учитывающие как сезон года, параметры склонов, так и назначение отвалов: основные, временные отвалы самотранспортирования и дополнительные – на крыльях. При этом основными принципами при разработке новых технологий являлось недопущение переувлажнения водой, перенасыщения породной мас-

сы снегом в зимние периоды (более 30-40 % объёма пор) (длительная остановка отвалов без отсыпки пород), переувлажнения пород в периоды паводков и выпадения жидких осадков (сбалансированное регулирование интенсивности 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 в различном диапазоне влияющих факторов по сравнению с действием только трения и сопротивления пород на сдвиг для породного материала без воды и снега, при которых создаются условия для создания отвалов большой высоты и достаточно устойчивые. При попадании влаги и снега деформируемость отвальной породы повышается. При выявленных её свойствах и закономерностях деформирования создаются условия для использования пластической составляющей деформаций 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 эффектом.

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

Парадоксальным результатом, граничащим с фундаментальными выводом проведённых исследований явилось то, что было доказано выполнение имеющихся инструктивных материалов о закрытии отвалов при их деформации приводили их к смещению, таянию снега в них до предельно критического

водонасыщения пород, и за тем к обрушению со склонов типа селей. На основе изучения механизма зарождения селя и его развития предложены способы нейтрализации его проявления формированием устойчивого отвала путём боковой засыпки породой зарождающегося очага селя и исключению влияния радиационного тепла и жидких осадков на разупрочнение породного материала. В целом разработанные способы управления отвалообразованием на склонах включают комплекс мероприятий как организационного характера, так и применением новых научно-методических положений о выявленных закономерностях деформирования городного тела с включением снега и воды, технологических схем, позволяющих в практических условиях реализовать способы формирования отвалов в виде основных (высоких), временных (с управляемой пластической составляющей деформации отвалов) и дополнительных (на крыльях залежи). Пример реализации разработанных способов отвалообразования на горных склонах рассмотрен 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>), отсыпаемый на большом протяжении вдоль дороги.

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

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

При разработке нагорной северной части рабочего борта отвал № 2 размещается в контурах отвала № 1 при предпроектных проработках в виде 3-х

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

| Отвалы,<br>ярусы    | Высотные<br>отметки от-<br>валов | Средняя площадь и<br>высота отвалов   |                     | Объемы в раз-<br>рыхленном со-<br>стоянии, млн м <sup>3</sup> | Отвалов в<br>плотном те-<br>ле, млн м <sup>3</sup> |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---|--|
|                     |                                  | S <sub>ср</sub> , тыс. м <sup>2</sup> | H <sub>ср</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 (внутренние) |                                  |                                       |                     | 5-7   | 3-5  |
| Всего               |                                  |                                       |                     | 65-67   | 47.4-49.1  |
|                     |                                  |                                       |                     | 5.0   | 3.7  |

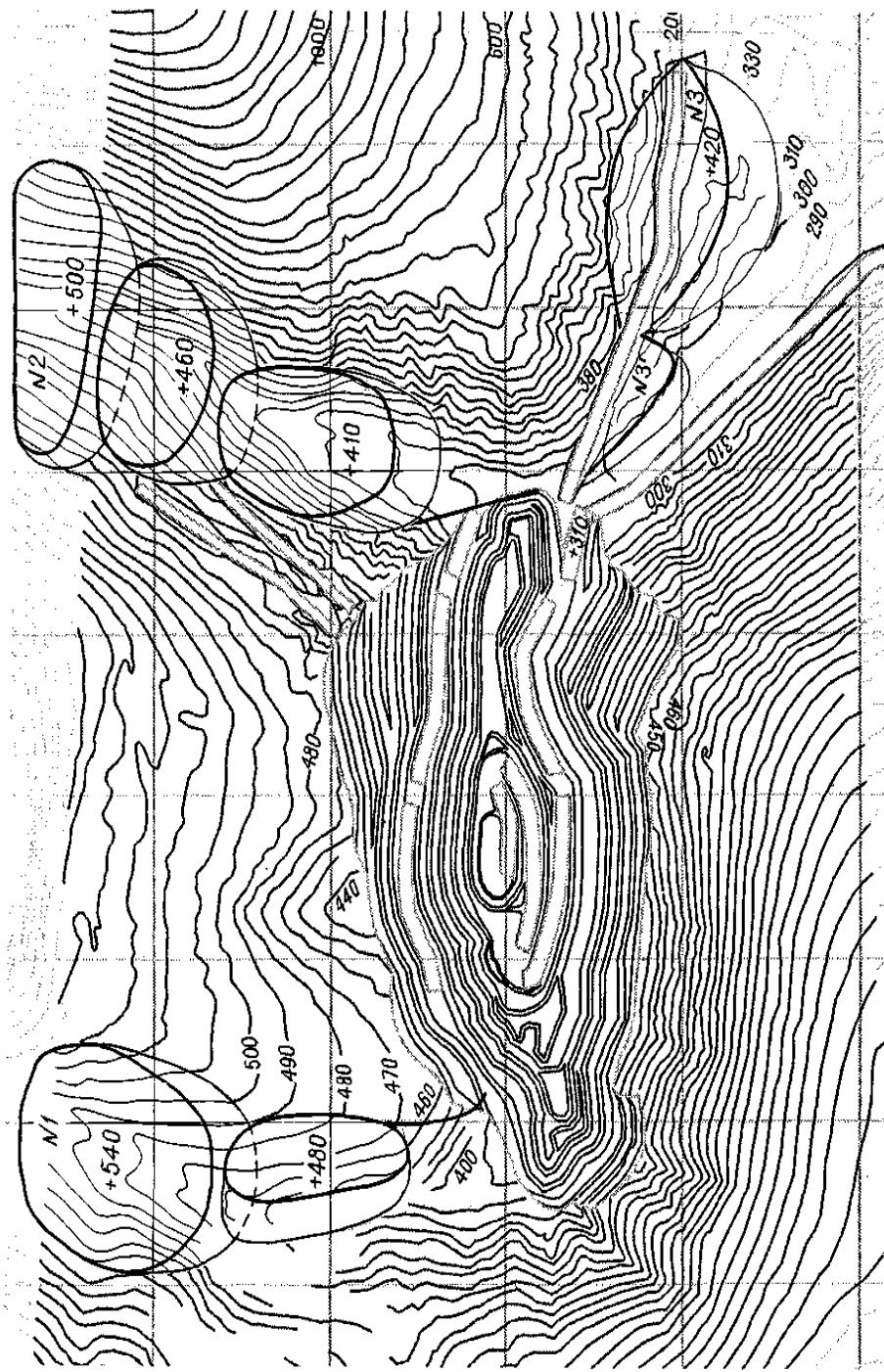


Рис. 1. Схема размещения отвалов на карьере «Олений ручей»

ярусного отвала с отметкой +500, +460 и +410 м ёмкостью отвала 25 млн м<sup>3</sup>, причём 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, расположенных в северо-восточной и юго-западной зонах карьера, причём 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 ( $V=65\text{--}67$  млн м<sup>3</sup>) с учётом дополнительных вскрышных пород при доуглубке карьера ( $V=7,4$  млн м<sup>3</sup>) (таблица, рисунок).

При предлагаемом варианте выбора местоположения отвалов вблизи контура карьера расстояние перевозки вскрыши снижается на 1 км. При существующих инструктивных положениях по технологии отсыпки отвалов не

обеспечивается достижение их полной устойчивости (без деформации и смещения пород).

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

1) Необходимо экранировать (защищать) 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 недогущения накопления воды в основании отвалов;

5) При размещении моренных пород совместно со скальными их шихтовка должна обеспечивать соответствие и не превышать объём 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 возведении их 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 карьеру.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремин Г.М. Физико-технические и геомеханические процессы в насыпных по-

родах на склонах. М.: Изд. «Горная книга». – 2007. – 343 с. ГЛАВ

#### Коротко об авторе

Ерёмин Г.М. — научный сотрудник Горного института КНЦ РАН, root@goi.kolasc.net.ru