

**Г.М. Еремин****ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ  
НА КАРЬЕРАХ БЕЗ ОБРУШЕНИЙ ОТВАЛОВ  
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ**

Установлены место и роль техногенных процессов при создании отвалов пород с различными физико-механическими свойствами в общей структуре факторов и горных процессов, негативно влияющих на экологию окружающего пространства объектов разработки. Установлено, что в породных слоях отвала в зависимости от способа отвалообразования может постепенно во времени накапливаться жидкая влага, которая при ливнях может способствовать перенасыщению пород водой и привести их в текучее состояние. Разработанная методика отсыпки пород путем регулирования ширины зоны нулевой изотермы и способа отсыпки в различные сезоны применима для управления устойчивостью отвалов в различных зонах и позволяет исключить их опасные деформации с течением времени при больших объемах заскладированных пород.

*Ключевые слова:* отвалообразование, карьер, экологические требования, методика отсыпки пород, заскладированные породы.

**Г**орнорудные предприятия, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых несомненно влияют на экологическую обстановку как вблизи самого района ведения горных работ, так и близлежащих территорий. С учетом временного аспекта создавшаяся напряженная обстановка, характерная для большинства горнодобывающих регионов, требует в ближайшее время необходимости принятия серьезных мер по улучшению экологии и качества окружающей среды. В связи с этим горная промышленность имеет в своем арсенале многие средства и возможности, чтобы уменьшить свое негативное влияние на окружающую среду.

Главным в этом направлении является реализация мер, способных сократить объем отчуждаемых земель, пригодных для сельскохозяйственного назначения и использования, уменьшить загрязнение поверхностных и подземных вод, водоемов, рек и водосборных систем и, безусловно,

атмосферы. При этом конкретные решения должны определяться оценкой ущерба, который может нанести разработка того или иного месторождения, с другой стороны, – польза, которую приносит экономика горнодобывающих предприятий для страны, государства. На каждом конкретном этапе необходимо определять необходимые затраты для предотвращения загрязнения окружающей среды.

Наиболее сложные экологические проблемы возникают при разработке глубоко залегающих рудных тел, разрабатываемых обычно глубокими карьерами или рудниками. В первом случае это связано с большими объемами удаляемых из карьера вскрышных пород и складировуемых вблизи глубоких выемок, а во втором, – изъятием из обращения больших площадей, попадающих в зону сдвижения подработанных пород. Кроме того, при этом может резко измениться гидрорежим ближайших водоемов, подземных вод, а иногда и рек. При

складировании пород в отвалы даже в независимости от их высоты и мощности могут иметь место деформационные процессы вплоть до оползней и смещений (обрушений) типа селевых потоков с горных склонов. Это дополнительно приводит к изъятию земель и загрязнению территорий (рис. 1).

При разработке месторождений открытым способом изъятие площадей происходит при создании карьерной выемки и отсыпке отвалов. Кроме того, при подготовке горных пород к выемке применением взрывчатых веществ их химические компоненты попадают в породную массу, и со временем при складировании ее в отвалы могут быть источником загрязнения, как воды, так и воздуха [1–4]. При массовых взрывах в карьере, в зависимости от объема блоков, в воздухе образуется большое газообразное облако из химических компонентов и пыли, которое зависает над карьером, а под действием ветрового потока может перемещаться на большие расстояния. Это приводит к постепенному загрязнению территорий, в том числе водоемов и рек. При выпадении жидких осадков стекающие с откосов отвалов потоки воды вместе с продуктами химических компонентов от взрывчатых веществ могут попадать в ручьи, затем в реки и водоемы, нарушая их экосистему. Восстановление ее со временем может потребовать значительных затрат народно-хозяйственных средств и времени.

При ведении подземных работ значительные площади выделяются со стороны висячего бока, попадающие в зону сдвижения горных пород, и, поскольку эта задача на период составления проектов является вероятностной, эти площади значительно резервируются. Часто вблизи ведения горных работ происходит нарушение естественного гидродинамического режима как поверхностных, так и подзем-

ных вод. Снижение напоров подземных вод при их дренировании, применяемое для осушения месторождения, а также раскрытие естественных и техногенных трещин, особенно при применении систем разработки с обрушением покрывающих пород, способствует процессам перетекания вод из смежных горизонтов, часть из которых может быть загрязненной и обладать ухудшенными качественными и количественными показателями. При интенсивной откачке воды из горных выработок происходит обезвоживание верхних зон гидрогеологических структур, что часто приводит к многократному увеличению мощности зоны аэрации [1, 3].

Изменения масштабов развития горных работ с глубиной и во времени приводят к изменению в подземной гидродинамике и определяют размеры и специфику загрязнения как поверхностных, так и подземных вод. С ростом загрязнений с поверхности и увеличения скорости фильтрации подземных вод повышается и их загрязнение [1, 3].

В настоящее время на региональном уровне большинства горнопромышленных районов отмечено снижение уровня подземных вод и повышение их загрязнения.

Следующим важным процессом в технологии горного производства является процесс обогащения полезного ископаемого. С ним связано не только использование земли для строительства обогатительных фабрик, но и выделение значительных территорий под хвостохранилища и отстойники. При их эксплуатации могут возникать различные нежелательные процессы, такие как утечки песков из-за прорыва дамб, превышения уровня вод в них из-за паводков, продолжительных ливней и др. С созданием пляжей и их частичным высыханием могут возникнуть их пыление. При направлении



**Рис. 1. Схема структуры работы горнопромышленного предприятия и его влияния на экологию района ведения работ (поверхностные и подземные воды)**

ветров в сторону жилых районов это может привести к нежелательным экологическим проблемам, связанными со здоровьем людей и загрязнением территорий, в том числе водоемов. Такая проблема возникла в 70–80 гг. прошлого века в Апатитском районе Мурманской области в связи с пылением нефелиновых пляжей апатито-нефелиновой фабрики АНОФ-2. По разработанной в Горном институте КНЦ РАН технологии складирования хвостов с их закреплением с растительными насаждениями удалось быстро решить эту проблему [5]. В связи с наметившейся в настоящее время тенденцией снижения количества чистой незагрязненной воды и частичного загрязнения подземных вод на рис. 1 показано условно пунктирной линией состояние проблемы с водными ресурсами на современном этапе и в перспективе.

Все отмеченное требует необходимости разработки и реализации водо-

охранных мероприятий и защиты атмосферы в карьерах и близлежащих территориях от загрязнений. При этом нормативными источниками и регламентами предлагается вести как совершенствованием технологических процессов, так и разработкой природоохранных мер.

К природоохранным мероприятиям относятся реализация водоохранных мер и сохранение земельных ресурсов от загрязнения. К первым рекомендуется относить профилактические мероприятия, направленные на предотвращение загрязнений, и активные, связанные с частичным или полным восстановлением качества воды в реках и в водоемах.

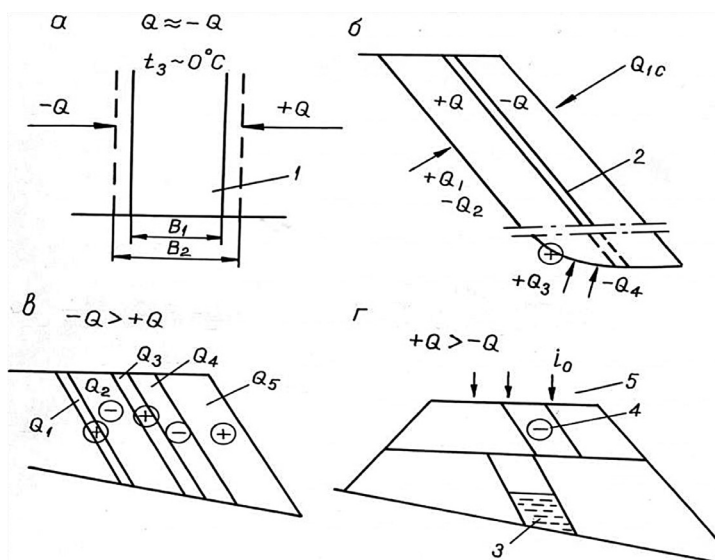
При осуществлении профилактических мер рекомендуется строго выполнять мероприятия, связанные с изоляцией накопителей промстоков, перехвату инфильтрующихся вод путем дренажа хвостохранилищ, восстановления дамб и др.

Для достижения требуемого эффекта на предприятиях действуют различного рода санкции за нарушения регламентов в виде штрафов и налогообложение за использование земельных территорий, величина которого включается в себестоимость продукции. В настоящее время в условиях действия рыночного механизма получения максимальной прибыли отчисления на природоохранные мероприятия могут быть недостаточными, и тогда с течением времени может потребоваться вложения крупных народно-хозяйственных средств на очистку территорий, рекультивацию отвалов и очистку воды в водоемах и реках.

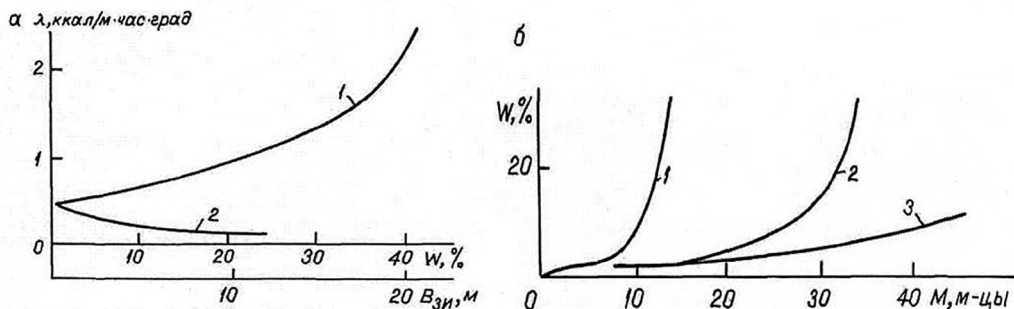
Значительна роль совершенствования технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых, как при подземном, так и открытом способах разработки. По-

кажем это на примере совершенствования технологии отвалообразования на карьерах, поскольку деформации отвалов в виде оползней и обрушений со склонов типа горных селей непосредственно влияет как на загрязнение территорий, так и экосистемы ближайших водоемов и рек [2–4].

Известно, что отвалообразование на карьерах производится в соответствии с проектными данными, установленными на период составления проекта. При этом параметры процессов отвалообразования определены с учетом конкретных физико-механических свойств пород объекта (обычно средние значения). При значительном количестве влияющих факторов особенно горно-геологического и климатического характера физико-механические свойства пород (угол внутреннего трения и сцепление) в процессе длительной отсыпки пород



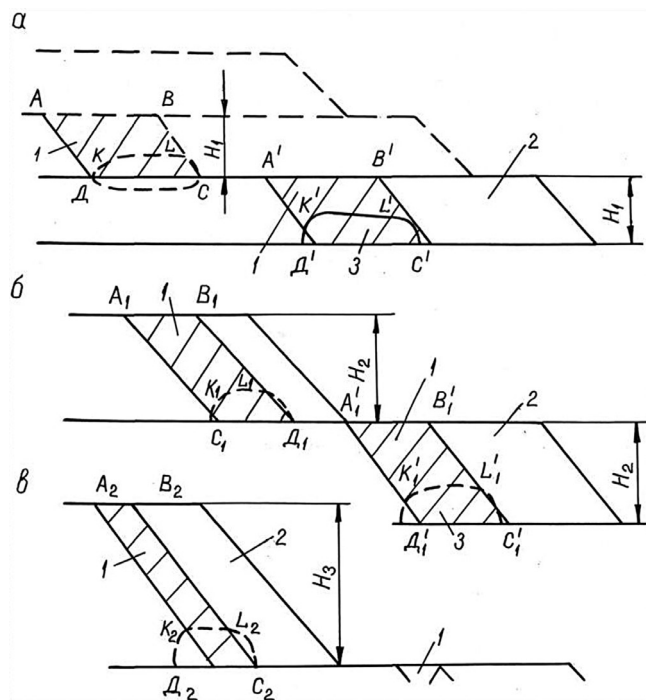
**Рис. 2. Схема изменения ширины зоны нулевой изотермы при действии потоков тепла и холода (а), а также солнечной радиации и подстилающей поверхности (б), разнотемпературных слоев отвала (в) и накоплении воды в нем при таянии снега и попадании жидких осадков (г): а, б – 1, 2 – зона нулевой изотермы;  $-Q$ ,  $+Q$ ,  $Q_c$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$  – соответственно, потоки тепла (холода), солнечной радиации и подстилающей поверхности; в – разнотемпературные слои пород; г – 3 – накопление воды; 4 – слой зимнего периода отсыпки; 5 – жидкие (твердые) осадки**



**Рис. 3.** Изменение коэффициента теплопроводности при влиянии насыщения породной массы водой (1) и ширины зоны нулевой изотермы (2) (а) и накопление влаги (воды) в отвалах во времени: 1, 2 – соответственно изменение  $\lambda$  от влажности ( $W$ ) и ширины зоны нулевой изотермы ( $B_{зи}$ ) (а); 1, 2, 3 – соответственно накопление влаги (воды) в отвалах 4а, 6 и 15 во времени (б)

(10–20 лет и более) могут изменяться. При этом физико-механические характеристики пород могут изменяться от максимальных значений (при

смерзании пород) до минимальных (при насыщении пород водой). Это обосновано проведенными в Горном институте КНЦ РАН исследованиями



**Рис. 4.** Схема иллюстрирующая накопление воды в слоях отвала при различных способах отсыпки (а, б, в): при небольшой высоте яруса (слоевая отсыпка) (а); при увеличении высоты ярусов (б, в); 1, 2, 3 – соответственно зоны холодного и теплого периодов отсыпки и накопления воды (а, б, в)

[6]. Кроме того, по применяемой на карьерах технологии отвалообразования отвалы не разделяются на летние и зимние, а отсыпка пород производится слоями теплого и холодного периодов отсыпки в один отвал. Такая технология получила преимущественное распространение, как в северных, так и в южных широтах. Следствием этого явилось небольшое повышение деформаций отвалов при переходе из одного сезона в другой в кратковременном плане и зарождение очага будущего селя при влиянии теплообменных процессов во времени между слоями теплого и холодного периодов отсыпки, таянии снега в последнем. Интенсивность этих процессов зависит от мощности отсыпаемых слоев зимнего и теплого периодов отсыпки, следовательно, от

положительного и отрицательного количества тепла и ширины зоны нулевой изотермы, когда коэффициенты теплопроводности и температуропроводности снижаются до минимальных значений (рис. 2, 3). Продолжительность развития очага селя зависит от количества снега в породной массе, подтока грунтовых и трещинных вод, интенсивности и количества выпадающих жидких осадков в теплый период года, и в целом определяется водонасыщением породы до предельного состояния. На рис. 3, а показано, что с увеличением влажности породной массы и, особенно при ее водонасыщении коэффициент теплопроводности повышается, и отвал может перейти в стадию предельного состояния, за которым может последовать его обрушение со склона. В зависимости от интенсивности процессов отсыпки пород и мощности разнотемпературных слоев продолжительность водонасыщения породной массы может быть различной и составлять от одного года (отвал 4, а) до 2–3 лет (отвал 6) и более (отвал 15) (рис. 3, в). Спускowym механизмом для критических подвижек (обрушений отвалов) в отдельных зонах являются ливни, приводящие к перенасыщению породной массы водой дополнительно к содержащейся в слоях отвала. По такому типу после продолжительного выпадения осадков и ливней деформировались и обрушались отвалы на карьерах Каджаранском и Алтынтюпканском (юг) и на севере – отвал 6 рудника Центральный в декабре 1969 г. после выпадения обильных осенних дождей. По данным исследований, проведенным в последнее время при определении параметров отвалов и технологии отвалообразования следует учитывать, что при отсыпке отвалов ярусами (слоями) небольшой высоты устойчивость пород к сползанию повышается, вместе с тем

площадь отвала увеличивается. Это способствует накоплению большего количества жидких и твердых осадков в слоях (ярусах), и их устойчивость в конечном счете будет определяться периодом ливневых дождей с определенной степенью вероятности. Кроме того отсыпка пород не большими ярусами снижает производительность отвалообразования и повышает затраты при отсыпке отвалов (рис. 4). Это в свое время было доказано Н.Н. Мельниковым при отсыпке ярусных отвалов драглайнами. В настоящее время в Горном институте КНЦ РАН разработаны методические положения и мероприятия, позволяющие управлять процессом складирования пород различных сезонов, и исключающие снижение прочностных характеристик пород по слоям и во времени. Это обеспечивает создание отвалов большой высоты и емкости.

### **Выводы**

1. Установлены место и роль техногенных процессов при создании отвалов пород с различными физико-механическими свойствами в общей структуре факторов и горных процессов, негативно влияющих на экологию окружающего пространства объектов разработки.

2. По разработанной новой теоретической концепции в основе дестабилизирующих факторов при отвалообразовании является теплообмен слоев пород различных периодов отсыпки, попадание жидких и твердых осадков, таяние снега (льда), и все эти процессы могут протекать во времени с различной интенсивностью, определяя тот или иной период достижения критической деформации отвала.

3. Установлено, что в породных слоях отвала в зависимости от способа отвалообразования может постепенно во времени накапливаться жидкая влага, которая при ливнях мо-

жет способствовать перенасыщению пород водой и привести их в текучее состояние.

4. Разработанная методика отсыпки пород путем регулирования ширины зоны нулевой изотермы и способа

отсыпки в различные сезоны применима для управления устойчивостью отвалов в различных зонах и позволяет исключить их опасные деформации с течением времени при больших объемах заскладированных пород.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пермяков Р.С. Требования экологии и себестоимость в горной промышленности // Горный журнал. – 1989. – № 5. – С. 52–54.

2. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Наука, 1965. – 378 с.

3. Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. Устойчивость бортов и осушение карьеров. – М.: Недра, 1980. – 165 с.

4. Попов И.И., Окатов Р.П. Борьба с оползнями на карьерах. – М.: Недра, 1980. – 239 с.

5. Месяц С.П. и др. О закреплении (химических и растительных) хвостохранилища ОАО «Апатит»

6. Красносельский Э.Б., Калабин Г.В., Оводенко Б.К., Ермин Г.М. Отвалы на горных склонах. – Л.: Наука, 1975. – 152 с. **ИЛАС**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Еремин Георгий Михайлович – кандидат технических наук, научный сотрудник, Горный институт КНЦ РАН.

---

UDC 622.271

## VALIDATION OF CHOICE OF EFFICIENT NO-FAILURE DUMPING TECHNOLOGIES FOR OPEN PIT MINES, CONSIDERING ENVIRONMENTAL STANDARDS

Eremin G.M., Candidate of Technical Sciences, Researcher, Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Apatity, 184209, Russia, e-mail: root@goi.kolasc.net.ru.

*The place and role of the technological processes when creating dumps of rocks with different physical and mechanical properties in the total structure factors and mining processes that negatively affect the ecology of the surrounding space development targets. It is found that in the rock layers of the blade depending on the method of dumping may gradually through time to accumulate liquid moisture, which, when heavy rains can contribute to the glut of rocks with water and put them in a fluid state. The technique of dumping rocks by adjusting the width of the region of the freezing level and method of dumping in different seasons applicable to control the stability of the dumps in different zones and allows you to eliminate their threat deformation over time for large volumes stored breeds.*

*Key words: dumping, quarry, environmental requirements, methods of dumping rocks placed rocks.*

## REFERENCES

1. Permyakov R.S. *Gornyi zhurnal*. 1989, no 5, pp 52–54.

2. Fisenko G.L. *Ustoichivost' bortov kar'erov i otvalov* (Stability of pitwalls and dump slopes), Moscow, Nauka, 1965, 378 p.

3. Arsent'ev A.I., Bukin I.Yu., Mironenko V.A. *Ustoichivost' bortov i osushenie kar'erov* (Stability of pitwalls and drainage engineering), Moscow, Nedra, 1980, 165 p.

4. Popov I.I., Okatov R.P. *Bor'ba s opolznyami na kar'erakh* (Combating landslides in open pit mines), Moscow, Nedra, 1980, 239 p.

5. Mesyats S.P. *O zakreplenii (khimicheskikh i rastitel'nykh) khvostokhranilishcha* ОАО «Апатит» (Strengthening (chemical and vegetable) of tailings dump of Apatit JSC).

6. Krasnosel'skii E.B., Kalabin G.V., Ovodenko B.K., Ermin G.M. *Otvaly na gornykh sklonakh* (Dumps on the mountain slopes), Leningrad, Nauka, 1975, 152 p.