

СОГЛАСОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА И ФАБРИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЕМКостей ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ В НИХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД

COORDINATION OF THE PRODUCTIVITY OF THE QUARRY AND THE FACTORY IN THE FORMATION OF TECHNOGENIC RESERVOIRS FOR PLACING ORE DRESSING TAILINGS IN THEM

G. Pershin,

doctor of technical sciences, professor;

I. Pytalev,

doctor of technical sciences, professor,

Nosov Magnitogorsk State Technical University,

Magnitogorsk;

E. Shvabenland,

candidate of technical sciences, head of the sector,

«Fedorovsky All-Russian Research Institute of Mineral Raw

Materials»,

Moscow;

V. Yakshina,

assistant of the department,

Nosov Magnitogorsk State Technical University,

Magnitogorsk.

The article presents the main provisions on the formation of technogenic capacity in the process of mining operations and the placement of enrichment tailings in it. The method of coordination of the production capacities of the quarry and the processing plant during the formation and filling of the technogenic capacity with ore dressing tailings is presented. The scheme of complex development of a subsurface area during the formation and operation of a technogenic tank is proposed. Based on a well-founded methodology, a nomogram has been developed to coordinate the productivity of the quarry and the processing plant. The scheme for calculating the area of the base of the mining system during the formation of a man-made container for the placement of tailings of enrichment and products of their processing is substantiated. The dependences of the change in the area of the base of the technogenic capacity on the volume of the tailings placed are established.

Keywords: quarry, productivity of the processing plant by tailings, technogenic capacity, tailings of enrichment, enclosing dam, land reclamation.

Г.Д. Першин,

доктор технических наук,

профессор;

И.А. Пыталев,

доктор технических наук, профессор,

директор института горного дела и транспорта,

Магнитогорский государственный технический

университет им. Г.И. Носова,

г. Магнитогорск;

Е.Е. Швабенланд,

кандидат технических наук,

заведующая сектором,

Всероссийский научно-исследовательский институт

минерального сырья им. Н.М. Федоровского,

г. Москва;

В.В. Якшина,

ассистент кафедры,

Магнитогорский государственный технический

университет им. Г.И. Носова,

г. Магнитогорск.

Ключевые слова: карьер, обогатительная фабрика, производительность, техногенная емкость, хвосты обогащения, ограждающая дамба, рекультивация земель.

требований увеличение ценности земель, их формирование в ходе ведения горных работ техногенных емкостей для размещения продуктов переработки руд, позволит реализовать рекультивационные мероприятия в процессе добычи полезных ископаемых, а именно: создание техногенных емкостей за счет использования текущих скальных и рыхлых пород вскрыши при формировании ограждающих дамб. Обеспечение экологических требований достигается сооружением инженерной системы защиты с применением, как рыхлых пород вскрыши, так и современных синтетических материалов. При этом достигается снижение площадей земель, занимаемых горнотехнической системой за счет сокращения количества внешних отвалов.

Тенденция развития эффективного функционирования горно-перерабатывающего предприятия заключается в совершенствовании методов обогащения полезных ископаемых, повышении производительности как рудника, так и обогатительной фабрики, в объеме выпуска металла

Совокупность данных методов способствует вовлечению в разработку запасов месторождения, добыча и переработка которых еще несколько лет назад считались нецелесообразными. С учетом современных методов обогащения и производительности горно-обогатительного комплекса важное значение имеет объем хвостов обогащения и продуктов их переработки. Объем хвостов превышает 80 % от общего количества перерабатываемой руды, что при значительной производительности

На фоне снижения содержания полезных компонентов в руде и росте объемов переработки руд на обогатительных фабриках особо актуальным становится вопрос разработки технических решений, направленных на повышение эффективности ведения горных работ и размещения хвостов обогащения. В условиях экологических

современных обогатительных фабрик и при продолжительном сроке их эксплуатации требует значительных площадей земель для размещения хвостов [1-3].

На основе анализа функционирования горнодобывающих предприятий Урала установлено, что с учетом извлечения полезного компонента из горной массы, объем складированных пород увеличивается на 15-50 % вследствие разрушения целостной структуры массива, что ведет к увеличению площади земель, необходимых для их размещения.

Горно-обогатительный комплекс при формировании техногенной емкости в целях комплексного освоения участка недр оказывает влияния на:

- ✧ очередность отработки залежей группы месторождений;
- ✧ необходимую площадь земель занимаемых под размещение хвостов;
- ✧ требуемый объем и оптимальные параметры техногенной емкости;
- ✧ расчет расстояний транспортирования хвостов от фабрики до хвостохранилища.

Цель исследования: разработка методики и номограммы согласования производительности карьера и обогатительной фабрики.

Материал и методы исследования. В классическом представлении формирования и ведения хвостового хозяйства обогатительные фабрики при малой производительности используют овраги, котлованы, разрезы, карьеры небольших размеров при их наличии. При значительной производительности обогатительного комплекса или при ее увеличении на этапе проектирования или в процессе ведения работ руководством предприятия принимается решение о создании на поверхности хвостохранилищ, что влечет за собой изъятие земель, которые в дальнейшем часто становятся непригодными относительно их первоначального состояния [4].

С целью определения и регулирования полезного объема формируемой техногенной емкости разработана модель горнотехнического сооружения с целью размещения хвостов обогащения для условий осваиваемого участка недр, что позволит на этапе проектирования горнодобывающего предприятия сократить площадь земель нарушенных горными работами, и, как следствие, минимизировать эксплуатационные затраты горнодобывающего предприятия [6-9]. Схема к расчету изменения площади горнотехнической системы, представлена на *рис. 1*.

Предложены две принципиальные схемы комплексного освоения участка недр групп месторождений:

- ✧ эксплуатация существующей емкости на базе ранее отработанного карьера;
- ✧ освоение ранее не разрабатываемого карьерного поля.

В рамках первой схемы комплексное освоение участка недр месторождений заключается в одновременном складировании хвостов обогащения в ранее отработанный карьер с последующей консервацией, ведение вскрышных и добычных работ в пределах карьерного поля, формирование ограждающей дамбы по периметру разрабатываемого карьера, с целью создания техногенной емкости для размещения хвостов обогатительной фабрики и его дальнейшая консервация [10]. Схема комплексного освоения участка недр в рамках первого направления, представлена на *рис. 2*.

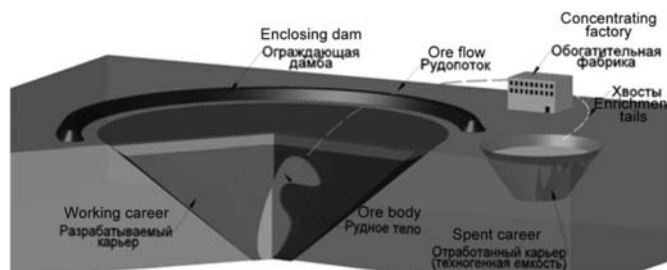


Рис. 2. Схема комплексного освоения участка недр в рамках первого направления.

Вторая схема комплексного освоения участка недр группы месторождений, ранее не отработываемых, представляет собой выбор очередности отработки залежей полезных ископаемых и дальнейшую отработку месторождений с одновременным формированием техногенной емкости на базе данного карьера [11, 14]. Выбор очередности разрабатываемых карьеров заключается в проведение анализа с точки зрения расположения горной выработки относительно обогатительной фабрики с целью сокращения затрат на перемещения горной массы, а также оценки возможности и реализации мероприятий по размещению хвостов обогащения на момент ведения горных работ и формированию техногенной емкости.

Результат исследований

С целью согласования производственных мощностей карьера и обогатительной фабрики при формировании и заполнении техногенной емкости хвостами обогащения руд разработан механизм увязки технологических процессов в пространстве и во времени [12, 13, 15, 16].

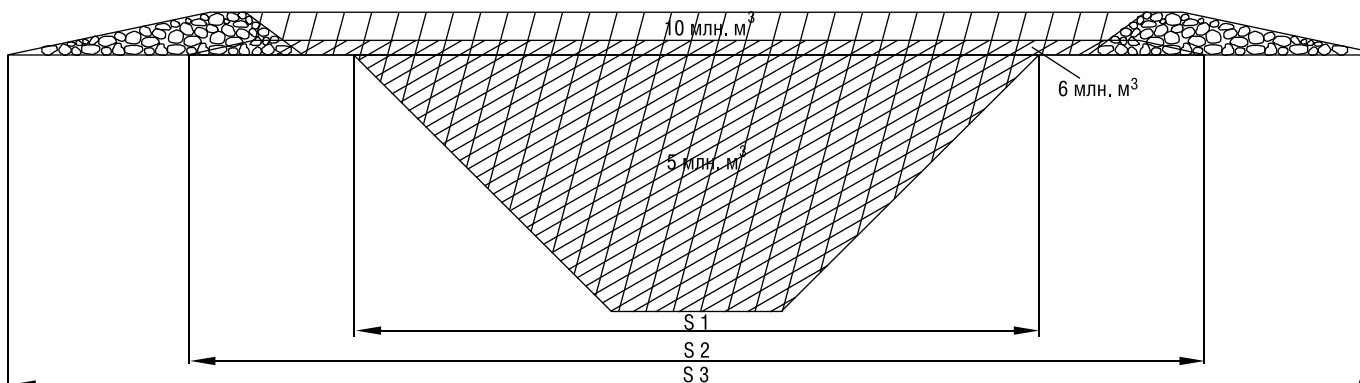


Рис. 1. Схема изменения площади, занимаемой горнотехнической системой.

В работе предложено уравнение (1) согласования производительности карьера и обогащательной фабрики при формировании техногенной емкости:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{2M} = f(P_{\Pi\Pi}; V_{BC}; V_{BP}; V_{TE}; P_{O\Phi}; B_{\kappa}; T_3) \\ V_{TE} \geq (P_{O\Phi} - B_{\kappa}) \cdot T_3; \\ V_{OD} = V_{BC} + V_{BP}; \\ V_{BC} = S_{ce\eta,od} \cdot L_{od}; \\ V_{BP} = S_{ce\eta,uc3} \cdot L_{od}; \\ V_{BCK} \geq V_{B\Pi\Pi} \in [V_{BC} + V_{BP}]. \end{array} \right. \quad (1)$$

где $P_{эм}$ – производительность карьера по горной массе, м^3 ; $P_{ну}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, м^3 ; $V_{вс}$ – объем скальной вскрыши, м^3 ; $V_{вр}$ – объем рыхлой вскрыши, м^3 ; $P_{оф}$ – производительность обогатительной фабрики, $\text{м}^3/\text{год}$; B_k – выход концентрата, м^3 ; $V_{од}$ – объем материала, необходимого для отсыпки ограждающей дамбы, м^3 ; T_3 – время заполнения техногенной емкости, лет; $S_{сеч.од}$ – площадь сечения ограждающей дамбы, м^2 ; $S_{сеч.изз}$ – площадь сечения изоляционного слоя (конструкции), м^2 ; $L_{од}$ – протяженность ограждающей дамбы, м; $V_{вск}$ – объем вскрышных пород, м^3 ; $V_{вну}$ – объем вскрыши, необходимый для обеспечения требуемых объемов подготовленных к выемке запасов, м^3 ; $V_{ме}$ – объем техногенной емкости, м^3 .

В современных условиях проектирование и строительство хвостохранилищ в большинстве случаев ограничивающим фактором является наличие свободных площадей земель под размещения хвостов обогащения, поскольку находится за пределами горного отвода. Однако после вступления в силу Постановления №800 «О проведении рекультивации и консервации земель» территории, нарушенные горными работами должны быть рекультивированы или законсервированы [5]. Срок проведения работ по рекультивации, консервации земель определяется проектом и не должен составлять более 15 лет для рекультивации, более 25 лет для консервации земель. Однако земельные участки занятые хвостами и продуктами их переработки, являются нарушенными, что оказывает негативное экологическое воздействие на окружающую среду в процессе ведения работ по заполнению техногенной емкости. Такие участки требуют проведения мероприятий по их рекультивации и консервации используемых земель. Кроме того, наличие площадей, занятых под размещение хвостов обогащения на протяжении всего периода эксплуатации участка недр, до момента их рекультивации, консервации и сдачи по соответствующим актам, значительно влияет на экономику предприятия на протяжении ведения всех технологических процессов.

Обсуждение результатов

Для определения годового объема горной массы с учетом производительности карьера по полезному ископаемому и необходимого объема вскрышных пород, а также создания ограждающей дамбы и инженерной системы защиты техногенной емкости при обеспечении размещения требуемого объема хвостов обогащения, разработана номограмма, представленная на *рис. 3*.

В результате исследований установлено, что изменение вместимости техногенной емкости при увеличении объема складированных хвостов обогащения на 5 млн. м³ обеспечивает прирост площади горнотехнической системы на 44 %.

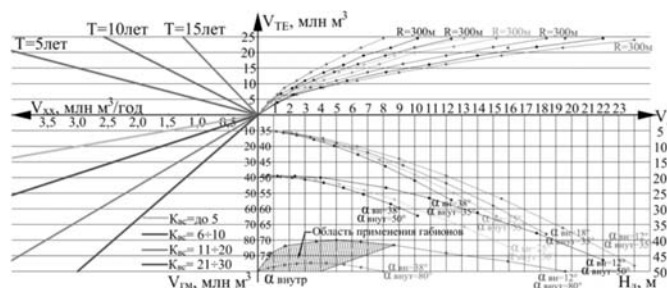


Рис. 3. Номограмма для согласования производительности карьера и обогатительной фабрики.

Однако данное увеличение площади в 1,5 раз меньше занимаемых площадей в случае применения традиционных поверхностных хвостохранилищ. Кроме того, выявлена зависимость площади земли, занимаемой техногенной емкостью от объема хвостов размещаемых в ней с учетом различных конфигураций применяемых углов внутреннего и внешнего откосов (рис. 4).

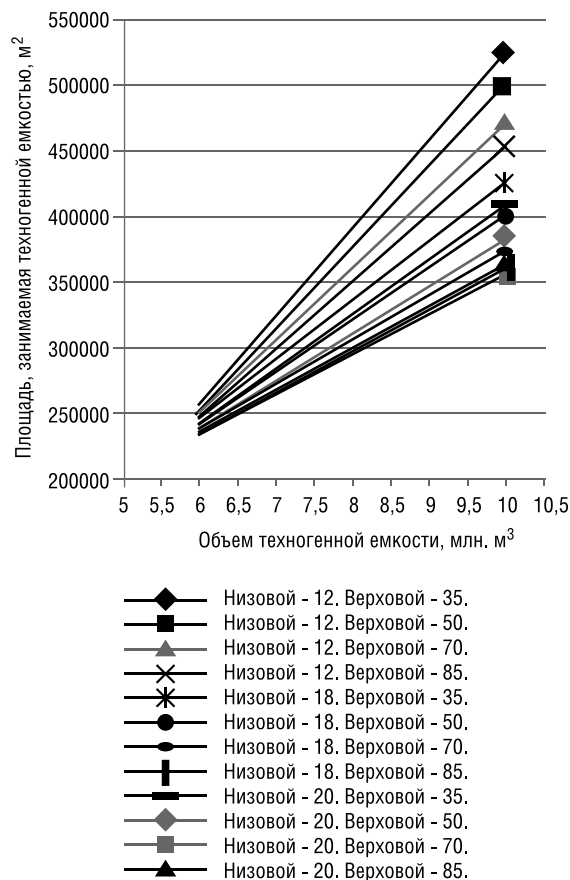


Рис. 4. График зависимости площади, занимаемой техногенной емкостью, от требуемого объема хвостов для размещения.

Оптимальные параметры и объем техногенной емкости необходимо рассчитывать с учетом особенностей каждого месторождения в целях рационального использования выработанного пространства карьера, вскрышных пород и земель горнотехнической системы.

Заключение

Сформированная техногенная емкость должна обеспечить возможность размещения хвостов обогащения и про-

дуктов их переработки на весь период эксплуатации данного объекта. Высота ограждающей дамбы зависит от требуемой вместимости техногенной емкости, а также от объема пород вскрыши, имеющихся в пределах проектного контура карьера, необходимого для ее возведения. Согласно требованиям, отметка гребня ограждающей дамбы должна превышать уровень складываемого продукта на 1-1,5 м для исключения возможности перелива хвостов. В случае избытка пород вскрыши при формировании дамбы необходимо предусмотреть их складирование в виде отвала на отдельном участке в пределах земельного отвода с целью последующего использования их в качестве изолирующего слоя для консервации поверхности уложенных хвостов. В случае значительного объема пород, данный отвал в зависимости от выбранного направления может быть рекультивирован и сдан в земельный фонд.

Выводы

1. В статье приведены основные положения о формировании техногенной емкости в процессе ведения горных работ и размещения в ней хвостов обогащения.

2. Представлена методика согласования производственных мощностей карьера и обогатительной фабрики при формировании и заполнении техногенной емкости хвостами обогащения руд.

3. Предложена схема комплексного освоения участка недр при формировании и эксплуатации техногенной емкости. На основании обоснованной методики разработана номограмма для согласования производительности карьера и обогатительной фабрики.

4. Обоснована схема к расчету площади основания горнотехнической системы при формировании техногенной емкости для размещения хвостов обогащения и продуктов их переработки. Установлены зависимости изменения площади основания техногенной емкостью от объема размещаемых хвостов.

5. Результаты исследований могут быть полезными при проектировании хвостохранилищ и других горнотехнических сооружений, а также в учебном процессе при подготовке горных инженеров. ■

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-3602.2021.1.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубецкой, К.Н. и др. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья // М.: Наука, 2010. - 437 с.
2. Конончик, Л.Е. Складирование вскрышных пород в отработанное карьерное пространство как способ охраны окружающей среды / Конончик Л.Е., Сулонова Г.Н. // Горный журнал. - 2001. - №7. - С. 26-28.
3. Косолапов, А.И. Исследование условий для интенсификации производственной мощности карьера при разработке крутопадающих месторождений / А.И. Косолапов, А.И. Пташник // Фундаментальные исследования. - 2011. - № 12-1. - С. 133-135.
4. Пыталев, И.А. Основы геотехнологии при совокупном использовании природных и техногенных георесурсов / И.А. Пыталев. - Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2020. - 82 с.
5. Постановления Правительства РФ от 10 июля 2018г. №800 «О проведении рекультивации и консервации земель» (с изменениями на 07.03.2019 г.).
6. Проектирование горных работ при формировании карьерного пространства зонами концентрации / Галкин В.А., Сидоренко В.Н., Гавришев С.Е., Носов А.Н. // Магнитогорск: МГМИ, 1991. - 57 с.
7. Методика определения параметров техногенной емкости для условий крутопадающих месторождений полезных ископаемых / Т.С. Кравчук, И.А. Пыталев, Е.Е. Швабенланд, В.В. Якшина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. - 2021. - № 4. - С. 425-435.
8. Трубецкой, К.Н. Классификация способов формирования и использования выработанного карьерного пространства / К.Н. Трубецкой, А.А. Пешков, Н.А. Манко // Ресурсосберегающие технологии открытой разработки месторождений // М.: ИПКОН РАН, 1992. 116 с.
9. Формирование и освоение техногенных георесурсов. Технологические схемы размещения промышленных отходов в карьерах и отвалах: Монография / А.А. Зубков, И.А. Пыталев, А.А. Козловский, И.И. Мельников. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. - 176 с.
10. Снижение экологической нагрузки в промышленных регионах страны за счет размещения отходов в карьерах и отвалах / С.Е. Гавришев, И.А. Пыталев, Н.А. Осинцев, И.В. Гапонова // Управление отходами — основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России: материалы IV Международной научно-практической конференции // Новокузнецк, 2012. - С. 55-61.
11. Саканцев, Г.Г. Основы применения внутреннего отвалообразования при разработке ограниченной длины / Г.Г. Саканцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2004. - № 3. - С. 219-226.
12. Пыталев И.А., Якшина В.В. Взаимоувязка процессов селективной выемки пород вскрыши и отвалообразования при формировании ограждающих дамб техногенной емкости / Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 15 Международной научной школы молодых ученых и специалистов // М.: ИПКОН РАН, 2021.
13. Параметры временно нерабочего борта и технология его развоза над добычной рабочей зоной / А.И. Косолапов, В.Н. Синьковский, Е.В. Черепанов, В.А. Тенятников // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2009. - № 11. - С. 387-392.
14. Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов (к СНиП 2.01.28-85). Утверждено приказом Госстроя СССР от 15 июня 1984 г. № 47 // М.: ЦИПТП, 1990.
15. Открытые горные работы: справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий, Н.Н. Мельников и др. // М.: Горное бюро, 1994. - 590 с.
16. Оценка устойчивости бортов карьера «Камаган» при подземной доработке месторождения / А.М. Мажитов, С.А. Корнеев, И.А. Пыталев, Т.С. Кравчук // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2015. - № S4-2. - С. 205-215.