

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИТАНОВЫХ РУД С МОЩНЫМИ ПОРОДАМИ ВСКРЫШИ

*А.Ю. Дриженко, Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Украина  
А.М. Лазников, Вольногорский горно-металлургический комбинат, Украина*

Приведена горнотехническая характеристика залежей титановых руд, разрабатываемых карьерами ВГМК. Установлены параметры Матроновского карьера, намеченного к строительству в ближайшее время. Обоснованы основные технологические решения по развитию горных и отвальных работ, а также складированию отходов обогащения в выработанном пространстве карьера. Намечены природоохранные мероприятия по восстановлению нарушенных земель.

Россыпи с давних времен известны как источники добычи благородных металлов, поделочных и драгоценных камней. Позже из них стали извлекать оловянный камень и некоторые другие минералы руд цветных металлов, а со середины прошлого века – минералы титана, циркония и редких земель. Из всех генетических типов наибольшее промышленное значение имеют древние морские россыпи, особенно пляжевые и донные. В них сосредоточена подавляющая часть запасов титанового сырья (около 90%). В большинстве случаев они имеют комплексный состав и помимо титановых содержат другие промышленно ценные минералы: циркон, дистен, силлиманит, гранат и др. Этот тип россыпей широко эксплуатируется в Украине.

Сырьевая база Вольногорского ГМК – Малышевское месторождение, является типичным и главным в россыпном титанорудном районе Среднего Приднепровья. Представлено оно прибрежно-морским россыпными залежами неогенового возраста и приурочено к песчаным отложениям полтавской свиты сарматского яруса. Горные работы на месторождении ведутся с 1962 г. Западный участок отработан в 1990 г. Тогда же начата разработка Центрального участка с вводом в эксплуатацию 1-й очереди карьера № 7-С с годовой производительностью 2,5 млн.м<sup>3</sup>. С 1992 г. ведутся работы на карьере № 7-Юг с такой же производительностью. Перспективные участки – Матроновский и Анновский, являются северо-западной частью Малышевского месторождения титановых руд. Расположены они в верховьях рек Самоткань и Домоткань, являющихся притоками р. Днепр. Общая площадь участков 39 км<sup>2</sup>. Расстояние от их центра до промплощадки ВГМК по прямой составляет 11 км. Содержание глины в рудном пласте достигает 20%. Средняя мощность рудных песков 10,3 м, при колебании от 5 до 20 м. Пески тонко- и мелкозернистые.

На песках полтавской свиты залегают пески сарматского яруса со средней мощностью 17 м, которые постепенно переходят в зеленовато-серые и пестроцветные глины, местами загипсованные, мощностью до 10-12 м на западе, и до 5-7 м – на востоке. На водоразделах зеленовато-серые глины перекрываются мощной (до 70 м) толщей четвертичных красноватых глин, красноватых и палевожелтых суглинков. В пределах долин и балок четвертичные отложения мощностью до 10 м представлены делювиальными суглинками с редкими прослойками делювиально-аллювиальных песков. Протяженность залежей достигает 7 км при ширине в восточной части до 5,2 км, в западной – 4 км. Пески сарматского яруса являются попутным формовочным сырьем. Минимальная мощность вскрыши наблюдается в северной и северо-западной части участков и составляет 15 – 30 м. Максимальная мощность отмечается на юге и достигает 77 м. Средняя мощность вскрыши по участкам 49,3 м. Горизонт рудных песков залегают практически горизонтально с отметками почвы и кровли +82 и +112 м.

Важнейшими характеристиками россыпей являются их размеры, минеральный состав, содержание полезных компонентов, крупность обломочного материала и количество илистых частиц, которые определяют их промышленную особенность освоения. Последний параметр характеризует способность отделять минеральные зерна от глины и песка в водном потоке. Если примесь глинисто-алевритового материала (илов) в россыпи составляет более 10%, то за счет трудноразмываемых комков много ценных минералов при промывке уходит в шламохранилище. Его конструкция зависит от необходимости удерживать водную смесь в хранилище или же отфильтровывать воду за пределы указанной емкости. При этом следует отметить, что общей закономерностью за-

легания отмеченных месторождений является наличие в их подошве песков различной крупности. Это вызывает повышенную водонасыщенность разрабатываемых пород и слабую устойчивость хранилищ отходов производства при складировании их в выработанном пространстве.

В отличие от пологих месторождений марганцевых руд, бурого угля, каолинов и других полезных ископаемых с мягкими покрывающими породами, добыча титановых руд характеризуется повсеместным складированием вскрыши в выработанном пространстве действующих карьеров, а отходов обогащения, большей частью, в ранее отработанных. Такая технология горных работ базируется на широком применении драглайнов и роторных комплексов при выемке горной массы, а также конвейерного транспорта при ее перемещении в карьере.

Силами ВГМК выполнена оценка показателей добычи титановых руд открытым способом с детализацией по степени разведанности Матроновского участка на 43 блока. В пределах разведанной площади залегает около 200 млн. м<sup>3</sup> рудных песков, мощность которых изменяется от 6,4 до 14,8 м. К первоочередной разработке предлагается карьерное поле, о контурное жирной линией (рис.1). Анализируя первоначальные границы карьерного поля, следует отметить их крайне изменчивый характер. Применение мощного выемочного оборудование в таких условиях отличается излишней сложностью и значительными объемами выполнения горноподготовительных работ, наращивания и снижения длины фронта горных работ, затруднением организации внутреннего отвалообразования. Кроме того, ширина санитарно-защитной зоны для карьеров ВГМК не установлена. В этой связи запасы руды, предусмотренные к выемке, могут быть значительно уменьшены.

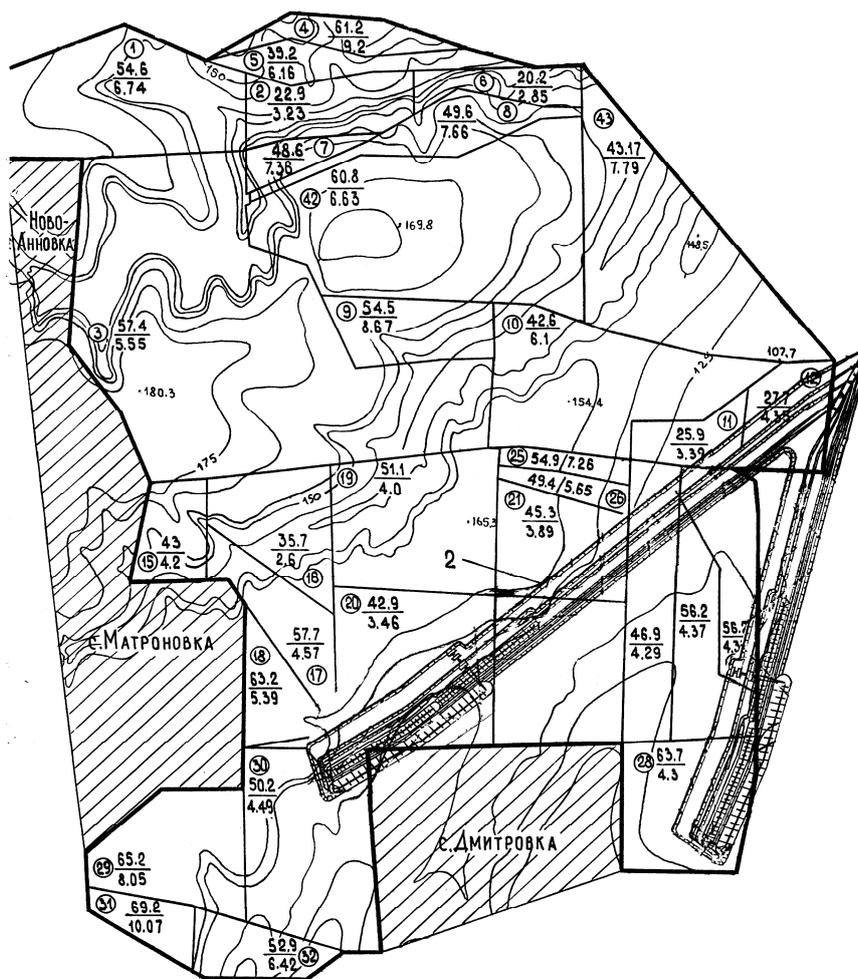


Рис. 1. Схема подготовки Матроновского карьера к эксплуатации

Путем анализа графика распределения годовых объемов выемки вскрыши установлено, что перемещение фронта горных работ в северо-западном направлении с проведением пионерной разрезной траншеи по балке севернее с. Дмитровка от 12 до 18 блоков позволяет снизить первоначальную

чальные годовые объемы подготовительных работ до 4 – 5 млн. м<sup>3</sup>. В дальнейшем, до 17 года эксплуатации, годовые объемы выемки пород вскрыши не превышают 18-20 млн. м<sup>3</sup>.

Следует отметить, что в пределах земельного отвода структура почв крайне разнообразна. Основная поверхность на водоразделах балок площадью 1032,8 га или 67,5% карьерного поля представлена черноземами обыкновенными мощностью 54 – 55 см. Содержание в них гумуса составляет 3,4 – 3,7%. Подстилающими породами являются лессовидные суглинки. Общий бал бонитета по агрогруппе с учетом экологического коэффициента 43 – 46, без него – 74 – 80.

В первые годы строительства и эксплуатации карьера, отходы горного производства будут размещаться во внешнем хранилище. Его необходимо разместить за пределами перспективных запасов Мотроновского карьера по тальвегу балки Дмитровская. Здесь же, вблизи северного борта хранилища, планируется построить и фабрику первичного обогащения добываемого полезного ископаемого (ФПО). Общая площадь нарушения земель этими объектами совместно с подъездными дорогами составляет 340 га. На этой площади сосредоточены черноземы обыкновенные слабоэродированные (247 га), средненамытые (64,2 га) и намытые (28,8 га). Общая масса чернозема на площади хранилища отходов, ФПО и подъездных дорог составляет 2,46 млн.м<sup>3</sup>. Подстилающими породами являются суглинки. Их потенциальная плодородная мощность превышает 1,5-2 м. Общие запасы в пределах земельного отвода – 28 – 37,4 млн. м<sup>3</sup>. Использовать их следует при рекультивации нарушенных земель для сельско- и лесохозяйственных целей.

Сложный рельеф поверхности карьерного поля и прилегающей к нему территории позволил обосновать вскрытие месторождения и подготовку его к эксплуатации по тальвегу балки Дмитровская. Внешнее хвостохранилище располагается ниже ее по течению, что обеспечивает не только разработку перспективных запасов в блоках 10, 11, 12, 42 и 43, но и подачу хвостов обогащения от ФПО самотеком. Для выполнения горнотранспортных работ предлагается использовать основное технологическое карьерное оборудование по мере его поставки и монтажа. Поскольку тальвег балки содержит мощную массу чернозема, первоочередные мероприятия по строительству объектов карьера должны быть направлены на снятие почвенной массы со всей площади производства горных работ и защиты ее от подтопления внешними и подземными водами.

В соответствии с укрупненным календарным планом отработки южного участка карьерного поля по внешнему контуру его западной границы вкост простирания оформляется головная перехватывающая дренажная траншея с устройством капитального водосборника и насосной станции (рис. 2). Ниже по тальвегу, за пределами восточной границы карьерного поля, оборудуется защитная дренажная траншея с водосборником. Вода из обоих водосборников откачивается во внешнее хвостохранилище.

В пределах южного участка карьера длиной по поверхности 2450 м и шириной 1900 м залегает 28,1 млн.м<sup>3</sup> руды и 135 млн.м<sup>3</sup> вскрыши. В период строительства извлекается около 13 млн.м<sup>3</sup> вскрыши, которая по системе конвейеров и автотранспортном перемещается к внешнему хвостохранилищу и укладывается в дамбы его обвалования. Во внутреннем отвале размещается 123 млн.м<sup>3</sup> пород вскрыши. Его площадь 198,7 га, длина 2220 м, ширина 895 м. В остаточной траншее по юго-восточному контуру карьерного поля площадью 3 га и вдоль северо-восточной границы карьера образуется южная часть внутреннего хвостохранилища площадью 266,8 га. Длина его 2220 м, ширина 1000 м. Поочередная выемка и укладка песков и глинистой массы во внутренний отвал и дамбы в процессе отвалообразования при отработке основного уступа обеспечивается приемкой породы на отвалообразователь ОШР-5000/190 от роторного экскаватора СРС-2000 №1 через реверсивный ленточный конвейер. Таким образом, обеспечивается устойчивость внутреннего хранилища отходов.



Рис. 2. Схема размещения отходов горного производства южного участка Мотроновского карьера: 1,2 – контуры карьерного поля по руде и вскрыше; 3,4 – положение разрезной траншеи по восточной границе карьерного поля и по б. Дмитровская; 5,7 – головная и защитная дренажные траншеи с водосборником карьерного водоотлива; 6 – трубопровод водоотлива; 8 – секционные склады снятого чернозема

С учетом вышеизложенного, землесберегающая технология строительства карьера и развития фронта горных работ до образования первичной емкости внутреннего хвостохранилища предусматривает добычу 11 млн.м<sup>3</sup> руды. После ее обогащения на ФПО хвосты в виде пульпы объемом до 20 млн. м<sup>3</sup> сбрасываются в чашу внешнего хвостохранилища, расположенного в б. Дмитровская. Глубина его, в среднем, составляет 20 м, ширина 1250 м и длина 2500 м. Общая площадь занимаемой поверхности 312,5 га. Подъездные дороги из карьера площадью 6 га, а также выделенные площадки для строительства ФПО площадью 18,1 га совместно с внешним хвостохранилищем приводят к нарушению поверхности суммарной площадью 340 га. Для возведения двух ограждающих дамб шириной по верху 20 м требуется 9,5-10 млн.м<sup>3</sup> суглинистого материала. После снятия почвенной массы из чаши хвостохранилища возводится экран общим объемом 3 – 3,5 млн.м<sup>3</sup>. Таким образом, весь объем вскрыши, доставленный из южного участка карьера во время строительства, используется для устройства внешнего хвостохранилища.

Вместимость внешнего хвостохранилища объемом 25 млн. м<sup>3</sup> позволяет не только складировать первичный объем обогащения добытой руды, но и в последующем служить накопительной емкостью для дренажных и поверхностных вод, удаленных с площади карьера. Из этой емкости вода поступает на ФПО, где используется для производства черного концентрата. С целью упорядочения водостока из секций внутреннего хвостохранилища, ограждающие дамбы в местах пересечения выработанным пространством тальвегов балок Дмитровская, Мотроновская и Новопавловская формируются из песков сарматского яруса в направлении с северо-запада на юго-восток к внешнему хвостохранилищу I-й очереди. В направлении к внешнему хвостохранилищу также выдерживается уклон дна выработанного пространства до 0,03. Внешнее хвостохранилище замывается очередями высотой по 4-6 м таким образом, чтобы пляж крупнозернистой массы располагался вблизи юго-восточной части карьерного поля. Вследствие значительных колебаний притока воды из подземных и атмосферных источников в противоположной части внешнего хвостохранилища устраивается

плавучая насосная станция для откачки осветленной воды на обогатительную фабрику. Насосная станция оборудуется на корпусе из секционных понтонов. Содержит два насоса Д 6300-80-2 производительностью 6300 м<sup>3</sup>/ч, напором 80 м, мощностью 1600 кВт каждый. Диаметр всасывающего патрубка 800 мм, напорного – 600 мм. При необходимости насосная станция передвигается по осветленной воде катером.

Основную массу пород вскрыши, вынимаемую в контурах карьерного поля, предполагается складировать во внутреннем отвале. При этом верхний ярус отсыпается отвалообразователем ОШР-5000/95 и в процессе отвалообразования готовится к планировке верхней площадки. В соответствии с требованиями рекультивации вершину верхнего отвального яруса следует формировать из суглинков, которые разрабатываются роторным экскаватором СРС-2000 № 2 в забое и перемежаются разнотипными глинами. После планировки верхней площадки и завершения процесса консолидации насыпных пород (2 – 3 года), восстановленная поверхность отвала снова планируется и покрывается слоем чернозема мощностью до 0,5 – 0,7 м.

Поскольку отходы обогащения содержат в себе определенное количество различных полезных компонентов, которые по истечении некоторого времени снова могут быть вовлечены в переработку, представляется целесообразным консервировать шламохранилища покрытием их только слоем суглинков мощностью до 20-30 см и выращиванием на них кормовых трав. В этом случае чернозем, предназначенный для рекультивации таких хвостохранилищ, может быть использован для сельскохозяйственного восстановления под пашню других участков с более благоприятными условиями. Суглинки же защищают поверхность шламохранилища от пыления и достаточно продуктивны. Намыв суглинков на заиленную поверхность хвостохранилища целесообразно производить по пульпопроводам из тех же торцевых выпусков. Этим обеспечивается равномерное растекание и укладка защитного слоя. Временное пылеподавление на непокрытых суглинками пляжах достигается периодическим орошением их хвостовой пульпой и поддержанием высокого уровня воды в пруде-отстойнике. Откосы ограждающих дамб и плотин предохраняются от водной и ветровой эрозии путем посева смеси многолетних злаковых и бобовых трав для создания прочного дернового покрова.

Укрепление поверхности и снижение пылеобразования улучшает внешний вид шламохранилищ. В дальнейшем, при накоплении слоя растительного грунта, появляется возможность использования этих земель для выращивания не только кормовых трав, но и зерновых культур. Большие площади шламохранилищ и небольшие углы откосов ограждающих дамб позволяют все сельскохозяйственные работы производить механизированным способом. Затраты на восстановление почвенного слоя определяются в основном видом транспорта и мощностью покрывающих пород.