

УДК 504.3:628.5

Е.В.Буркова, В.В.Макаров, канд.техн.наук, **Д.В.Бурков**, канд.техн.наук (Севастопольский национальный технический университет, Севастополь)

Экологическая рекультивация отработанных карьеров путем создания тепловых гелиостанций

В статье рассматриваются различные способы рекультивации отработанных карьеров. Предлагается рекультивация путем создания гелиостанции с сезонным аккумулятором солнечной энергии на основе отработанных карьеров. В качестве примера рассматривается отработанный Кадыковский карьер Балаклавского района г. Севастополя. Экономически обосновывается эффективность создания подобной гелиостанции.

У статті розглядаються різноманітні способи рекультивування відпрацьованих кар'єрів. Запропоновано рекультивацію шляхом створення геліостанції з сезонним акумулятором сонячної енергії на базі відпрацьованих кар'єрів. У якості прикладу розглядається відпрацьований Кадиківський кар'єр Балаклавського району м. Севастополя. Економічно обґрунтовано ефективність створення подібної геліостанції.

Количество земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, на нашей планете невелико. С 1965 года площадь обрабатываемых земель постоянно сокращается в результате изъятия земель для новых городов, поселков, промышленных объектов, дорог, линий электропередачи и т.п. Увеличивается площадь земель, выпадающих из сельскохозяйственного оборота в результате эрозии, засоления, опустынивания и заболачивания. Кроме уменьшения площади обрабатываемых земель наносится значительный ущерб экологии, особенно при добыче полезных ископаемых, которая сопровождается образованием терриконов, отвалов и карьеров.

Возвращение земли к нормальным условиям возможно только путем рекультивации. На действующих предприятиях, связанных с нарушением земель, рекультивационные работы должны являться неотъемлемой частью технологических процессов.

В условиях североазиатского региона нерешенной остается проблема рекультивации карьеров Балаклавского рудоуправления, которое имеет сырьевую базу, включающую в себя ряд месторождений, находящихся в разной степени освоения и извлечения запасов, а также обогащательные фабрики с комплексами вспомогательных зданий и сооружений (Западно-Кадыковский

карьер, Псилерахский карьер, карьер на базе месторождения известняка горы Гасфорт). В настоящее время площадь нарушенных земель составляет 341,88 га, рекультивация проведена на площади 49,42 га.

Целью статьи является рассмотрение технических методов рекультивации карьеров и выбор наиболее экологически чистого метода для условий североазиатского региона.

Рекультивация земель – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Особо нуждаются в рекультивации земли в местах открытой добычи полезных ископаемых. В этих районах появляются глубокие карьеры, в которых скапливается вода, нарушается гидрологический режим, ухудшаются условия среды обитания, то есть, эта часть земной поверхности превратилась в деградированный ландшафт.

Существует несколько способов рекультивации отработанных карьеров.

Использование терриконного мусора. После выполненных работ на полигонах образуются терриконные свалки, которые используются в рекультивации карьера. Доставка мусора к карьерам начинается с его транспортировки по наклонной

части свалки мусоровозами, которые будут подниматься наверх свалки на специальной платформе, транспортируемой с помощью лебедки по рельсовому пути. Мусоровозы на платформу заезжают своим ходом и с помощью специальных стопорных устройств фиксируются (закрепляются) на ней.

При эксплуатации свалок данного типа предлагается использовать пылевые отвалы горнорудных и других предприятий для приготовления известково-водных растворов. Этими растворами будут периодически (один-два раза в неделю) послойно заливаться вновь образованные поверхности свалки по мере доставки и выгрузки на нее мусора. Поскольку данные растворы обладают вяжущими свойствами, при затвердевании будут образовываться корковые слои, изолирующие поверхность мусора, что значительно сократит вредное воздействие свалки на окружающую среду.

Свалки карьерного типа. Использование выработанных пространств карьеров в качестве свалок ТБО позволит изыскать дополнительные средства на рекультивацию и озеленение бывших карьеров, сделать рекультивацию экономически выгодной и тем самым улучшить местный ландшафт.

Концептуально предполагаемый вариант целесообразно решать в две очереди.

Первая очередь (упрощенная) предусматривает использование выработанного пространства под складирование инертных отходов (строительного и подобного мусора), не требующих водоотведения и дегазации.

Вторая очередь предусматривает складирование всех ТБО, поэтому необходимо выполнить ряд дополнительных работ и требований, предъявляемых к свалкам ТБО по водоотводу и дегазации биогаза.

При выполнении работ по первой очереди потребуются лишь подготовка (ремонт) подъездных дорог и, при необходимости, оборудование разгрузочных площадок для мусоровозов. В качестве подъездных дорог планируется использовать автотранспортные дороги карьеров, служившие для вывоза полезного ископаемого.

Для разравнивания по всей площади и уплотнения ТБО используется бульдозер. Оборудование мест разгрузки уточняется при подготовке проекта. Это может быть просто выделенное место для разгрузки мусоровозов внутри карьера, мобильное разгрузочное устройство внутри карьера или стационарное у борта карьера.

Первая очередь размещается в небольшом карьере и является экспериментальной моделью, на которой отрабатывается вторая очередь (складирование ТБО).

При выполнении работ второй очереди, в связи с необходимостью проведения дренажных работ и дегазации свалки, необходимо, кроме работ первой очереди, дополнительно проложить дренажные коллекторы, установить перфорированные дренажные колонны и оборудовать водосборочный колодец. Необходимо также предусмотреть очистку дренажных вод.

Использование промышленных отходов в качестве заполнителя при рекультивации карьеров. При добыче полезных ископаемых неизбежно образуется большое количество отработанных карьерных выемок, негативно влияющих на различные элементы природной среды (нарушение геоморфологии, гидрологического и гидрогеологического режимов, загрязнение подземных горизонтов, ландшафтные изменения).

Частичный возврат территории в безопасное хозяйственное пользование достигается путем выравнивания откосов, планировки днища, фитомелиорации и заполнения всего свободного пространства выемки карьера. Практически единственной альтернативой природным рекультивационным материалам (кондиционные и отвальные грунты) являются крупнотоннажные промышленные или бытовые отходы.

Опасность промышленных отходов предполагает их предварительное обезвреживание и обработку для снижения класса токсичности и перевода из одного класса опасности в другой (например, из взрывоопасных в невзрывоопасные, из самовозгорающихся в несамовозгорающиеся и т.д.).

Благодаря медленному протеканию физико-

химических процессов происходит трансформация компонентов отходов. Присутствие растворителей и углеводов приводит к набуханию полимеров, эмульсии и коллоиды которых пропитывают минеральную часть отходов. Гидролиз солей тяжелых металлов приводит к образованию малорастворимых оксидов и гидроксидов. Данные процессы интенсифицируются в результате экзотермических реакций и затрудненного оттока тепла. Содержание отходов в рекультивируемом карьере в течение 5-6 лет приводит к образованию почти однородной резиноподобной массы, при этом достигается детоксикация отходов [1-4].

Таким образом, рекультивация карьеров не утилизируемыми промышленными отходами позволяет решить проблему их размещения с минимальным экологическим ущербом, при этом достигается уменьшение неблагоприятного воздействия со стороны техногенно нарушенных территорий.

В целом рекультивация карьеров рассмотренными способами происходит по следующему плану. Вначале (на горнотехническом этапе) выравнивают насыпи при их небольшой высоте, засыпают выемки с уплотнением, на больших насыпях устраивают террасы для посадки растений, строят котлованы в местах будущих водоемов. Затем переходят к биологическому этапу рекультивации – покрытию пород (отходов) слоем почвы (например, снятым ранее для открытой разработки) с последующей посадкой древесных пород или сельскохозяйственных культур.

Недостатками указанных выше способов рекультивации является негативное воздействие на окружающую среду (таблица 1).

Техническая рекультивация. Одним из наиболее перспективных направлений техниче-

ской рекультивации карьера может быть его использование под гелиостанцию с тепловым аккумулятором для производства теплоты. В качестве примера рассматривается Кадыковский карьер Балаклавского рудоуправления города Севастополя. Карьер имеет дно площадью 44 500 м² и глубину 180 м. Минимальный объем аккумулированной воды (для теплоснабжения района Балаклавы) составит 2 200 000 м³.

Таблица 1. Классификация негативных воздействий на окружающую среду при рекультивации карьеров

Объект воздействия	Проявление
Литосфера	Оползни, оплывание, эрозия склонов и основания выработки, интенсификация карста, просадка лессовых пород; истощение плодородного слоя; изменение микрорельефа; выветривание и обрушивание склонов.
Гидросфера	Нарушение режима и загрязнение подземных вод и малых рек; оседание и провалы поверхности из-за суффозии; заболачивание почвогрунтов; подтопление территории и угнетение растительности.
Атмосфера	Загрязнение воздуха карьерной пылью; возникновение застойных аэродинамических зон; изменение состава воздуха в ареале глубоких карьеров.
Ландшафт	Усиление контрастности рельефа; овраго- и оползнеобразование; смещение пород на склонах; понижение поверхности в прикарьерном пространстве.

После окончательной выработки карьера он имеет террасную структуру. Все стенки пруда и дно гидроизолируются. Для подавления тепловой конвекции и аккумулирования тепла придонный слой имеет повышенную соленость, то есть, формируется специальный аккумулятор. Верхний слой аккумулирующего материала (пресная вода) изолируется специальными устройствами, на которых расположены фокусирующие солнечные коллекторы (рис. 1).

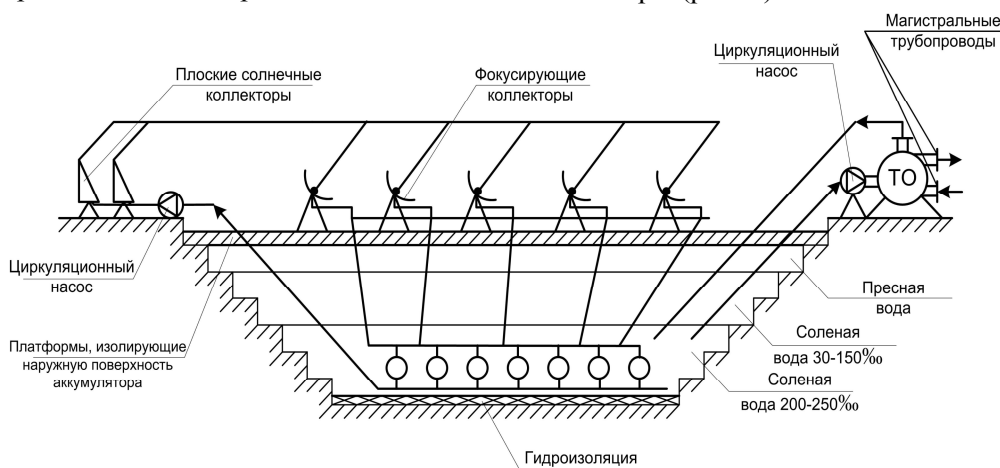


Рис. 1. Общая схема сезонного аккумулятора теплоты.

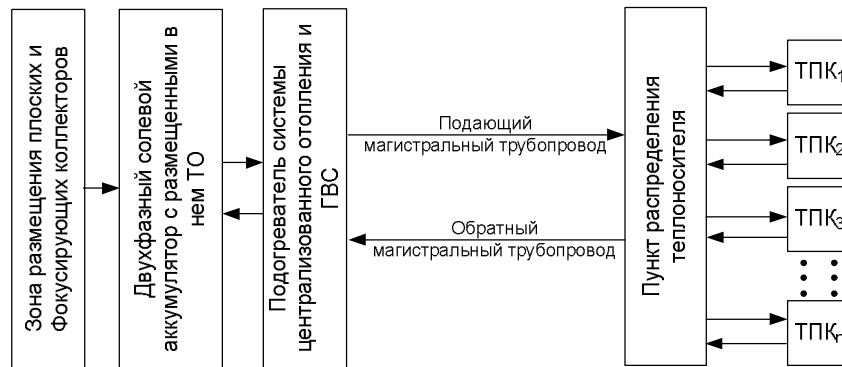


Рис. 2. Структурно-функциональная схема гелиотеплоэнергетической станции на основе глубоких карьеров: ТПК₁...ТПК_n – котельные, преобразованные в тепловые пункты.

Данный сезонный аккумулятор предлагается использовать круглый год в системе горячего водоснабжения и отопления Балаклавского района по схеме, показанной на рис. 2. Действующие котельные в Балаклаве трансформируются в тепловые пункты. В указанном районе для обеспечения отопления и горячего водоснабжения установлены 6 мазутных котельных с установочной мощностью для отопления 22,5 МВт и горячего водоснабжения 2,5 МВт.

Создание гелиостанции позволяет решить две актуальные задачи. С одной стороны – как вариант технической рекультивации карьера экологического характера, позволяющий предотвратить эколого-экономический ущерб при теплоснабжении за счет ликвидации вредных выбросов в атмосферу и экономии топливно-энергетических ресурсов. При этом достигается годовой эколого-экономический эффект:

$$\Delta Y = \sigma_{\text{зав}} \sum_{\gamma=1}^k \sum_{i=1}^n \gamma_i \chi_i M_i + \sum_{j=1}^k G_T C_T,$$

где $\sigma_{\text{зав}} \sum_{\gamma=1}^k \sum_{i=1}^n \gamma_i \chi_i M_i$ – учитывает ликвидацию выбросов от γ -ой котельной i -х загрязнителей, грн.; $\sum_{j=1}^k G_T C_T$ – учитывает экономию топлива на

j -ой котельной; γ_i – стоимость выбрасываемого в атмосферу i -го загрязняющего вещества, грн/г; χ_i – коэффициент, учитывающий скорость осаждения i -го загрязняющего вещества на подстилающую поверхность, см/с; M_i – масса выбрасываемого загрязнителя в атмосферу, т.

С другой стороны, для Балаклавского рудо-

управления как предприятия открывается возможность производить дополнительные услуги для отопления и горячего водоснабжения всего Балаклавского района в течение всего года:

$$D_{\text{услуг}} = Q \cdot C_Q,$$

где Q – количество отпущенной тепловой энергии; C_Q – стоимость единицы тепловой энергии.

Тогда годовой экономический эффект при эксплуатации тепловой гелиостанции составит:

$$\mathcal{E}_Г = \Delta Y + D_{\text{услуг}}.$$

В целом общая (абсолютная) экономическая эффективность будет составлять:

$$\mathcal{E}_К = \frac{\mathcal{E}_Г}{C + E_H \cdot K} = 0,15,$$

где K – капитальные затраты на создание гелиостанции на примере Кадыковского карьера; C – текущие затраты, связанные с дополнительными услугами; E_H – коэффициент приведения капитальных затрат к годовой размерности: $E_H = 1/T$, где T – срок окупаемости капитальных вложений. При сроке окупаемости, равном 8 лет, $E_H = 0,125$.

Выводы. Таким образом, $\mathcal{E}_К > E_H$, что позволяет сделать вывод об эффективности рассматриваемого направления рекультивации отработанных карьеров.

1. *Пойкер Х.* Культурный ландшафт: формирование уход. – М.: Агропромиздат, 1987. – 176 с.
2. *Геоэкология.* Научно-методическая книга по экологии. – Симферополь: Таврия, 1996. – 384 с.
3. *Даффи Дж.А., Бекман У.А.* Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с.
4. *Тетиор А.Н.* Строительная экология. – К.: Будивельник, 1992. – 276 с.