

Дрожжин С. П., аспирант,  
Пендюрин Е. А., канд. с.-х. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ ЧАСТИ КАРЬЕРА ЗАО «БЕЛГОРОДСКИЙ ЦЕМЕНТ»

rivalution@yandex.ru

Целью работы является разработка и экспериментальная апробация использования неорганических отходов промышленных производств при рекультивации отработанной части карьера ЗАО «Белгородский цемент».

**Ключевые слова:** карьер, восстановление техногенно-нарушенных земель, промышленные отходы.

Современная экологическая ситуация как в глобальном, так и в региональном масштабах обостряется, и человечество вынуждено искать эффективные меры устойчивого развития биосферы. Серьезной экологической проблемой за последнее столетие стало интенсивное развитие промышленности и транспортного комплекса, представляющие собой наиболее мощные источники загрязнения биосферы вредными ингредиентами.

Нарушенными считают земли, утратившие первоначальную природно-хозяйственную ценность и, как правило, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Нарушают земли при выполнении открытых и подземных горных работ; складировании промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов; строительстве линейных сооружений; а также, при проведении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ.

Воздействие карьерных разработок отрицательно сказывается на потерях земель различных категорий и на ухудшении качества окружающей среды и здоровья проживающего населения на территории конкретной административно-хозяйственной единицы. Отсюда возникает необходимость возврата нарушенных карьерными разработками земель в рациональный хозяйственный оборот при непереносимом условии минимизации и ликвидации вредного влияния на окружающую среду.

В настоящее время отмечается, что 11 % мировых земельных ресурсов относятся к нарушенным землям, 60 % из них - в плохом или очень плохом состоянии, темпы рекультивации отстают от объемов нарушения земель.

Существующие технологии рекультивации во многих случаях не учитывают природные и геоэкологические условия расположения карьеров и не всегда обеспечивают выбор научно-обоснованных направлений их использования и способов рекультивации. При этом преимуще-

ственно рассматриваются лишь отдельные, субъективно выбранные элементы работ по рекультивации, часто в отрыве от решения вопросов охраны рекультивированных земель, их восстановления и обновления.

Восстановлению подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного на них воздействия.

Рекультивацию земель, нарушенных промышленной деятельностью, проводят, как правило, в три этапа:

1) первый этап – подготовительный: обследование нарушенных территорий, определение направления рекультивации, технико-экономическое обоснование и составление проекта рекультивации.

2) второй этап – техническая рекультивация, которая в зависимости от региональных условий может включать промежуточную стадию – химическую мелиорацию. Техническую рекультивацию обычно обеспечивают предприятия, которые разрабатывают полезные ископаемые. Необходимость рекультивации земель, нарушенных карьерными разработками, оказывает большое влияние на технологию и экономические показатели разработок, включая выбор способа разработки, образования отвалов, средств механизации вскрышных и отвальных работ и средств транспортировки пород в отвалы. Этап технической рекультивации должен проходить в процессе эксплуатации карьера.

3) третий этап восстановления нарушенных земель - биологический этап рекультивации, который осуществляют после полного завершения горнотехнического этапа. Биологический этап рекультивации состоит в восстановлении почвенного покрова. Работы этого этапа землепользователи выполняют в соответствии с предполагаемым использованием рекультивированной территории и агротехническими требованиями к

почвенному покрову для возделывания конкретных культур [1].

Актуальность рассматриваемой темы состоит в совершенствовании технологического комплекса рекультивационных работ на карьерах по разработке месторождений строительного сырья, обеспечивающего возвращение нарушенных карьерными разработками земель в рациональный хозяйственный оборот; охрану и сохранение восстановленных земель.

Целью нашей работы является разработка и экспериментальная апробация использования неорганических отходов промышленных производств при рекультивации отработанной части карьера ЗАО «Белгородский цемент».

Территория Белгородской области в той или иной степени является техногенно нарушенной, поскольку на ее территории находится 328 карьеров, в том числе 84 отработанных. Кроме того, на 176 бесхозных карьерах продолжается несанкционированная добыча песка и глины, в том числе и различными подрядными организациями, а на бездействующих - устроены свалки. На территорию Белгородского района приходится 22 карьера [2], одним из них является сырьевой карьер ЗАО «Белгородский цемент». Площадь земельного отвода составляет 285,6 га, в том числе площадь карьера – 281,1 га. Разработка месторождения ведется открытым способом с использованием экскаваторов без буровзрывных работ. Почвенно-растительный слой удаляется самоходными скреперами и складировается в специальных отвалах – складах временного хранения СВХ-1 для последующего использования при рекультивации нарушенных земель. Вскрышные породы вывозятся во внешние отвалы – склады временного хранения СВХ-2, расположенные с восточной стороны карьера в выработанном пространстве отработанного Гриневского карьера, и во внутренние отвалы.

Размещение отходов в выработанном пространстве карьеров является альтернативным направлением рекультивации горных выработок. Одновременно решаются две важнейшие задачи – восстановление природного ландшафта и безопасное размещение отходов в карьерной выработке.

В настоящее время допускается засыпка карьеров и других искусственно созданных по-

лостей с использованием инертных отходов, твердых бытовых и промышленных 3 - 4 классов опасности. Следовательно, при использовании любых видов отходов должен быть определен их состав.

С целью выявления пригодности технологических грунтов и поверхностного слоя почвы для биологической рекультивации закрытой части отработанного полигона был проведен их химический анализ вскрышных пород. Содержание элементов, масс. %  $\text{SiO}_2$  - 66,09;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 10,52;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 3,95;  $\text{CaO}$  - 6,67;  $\text{MgO}$  - 1,16;  $\text{TiO}_2$  - 0,72;  $\text{Na}_2\text{O}$  - 0,65;  $\text{K}_2\text{O}$  - 1,80;  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 0,15;  $\text{Cl}^-$  - 0,015; ппп - 8,93;

Анализ химических показателей позволяет использовать исследованный почвогрунт, расположенный в складах временного хранения для рекультивации территории.

В качестве заполнителя карьерной выработки были использованы отходы цементного производства (пыль электрофильтров) и производства лимонной кислоты (цитрогипс).

Оценка их пригодности для экологической рекультивации отработанных карьеров производилась на основании химических свойств.

Существует опыт использования пыли при производстве шлакощелочных вяжущих, в качестве наполнителя в асфальтобетонах, при изготовлении местных малоклинкерных вяжущих.

Проведены исследования по использованию цементной пыли при производстве окрашенного медицинского стекла и получения на листовом стекле тонких теплозащитных пленок с коэффициентом поглощения в ИК-диапазоне спектра 39-25% [3].

Но, несмотря на обширные исследования в этой области, проблема утилизации цементной пыли в настоящее время так и не решена.

Основными компонентами пыли электрофильтров стадии обжига сырьевой смеси цементного производства являются основные оксиды:  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  (табл. 1), что придает ей высокое значение pH 12,9. Такая величина водородного показателя не дает возможности ее непосредственного применения в качестве кладочного материала без предварительной нейтрализации.

Таблица 1

Химический состав пыли стадии обжига сырьевой смеси

Компонент	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$	$\text{Cl}^-$	ппп
Количество, масс. %	6,49-7,11	44,97-53,54	14,27	1,28-6,20	0,53-6,32	5,25	0,25	2,30	2,24-2,59	4,84-22,1

В качестве нейтрализатора, позволяющего снизить щелочность отхода цементного произ-

водства, был использован цитрогипс, который имеет кислый уровень pH (табл. 2).

Таблица 2

## Химический состав цитрогипса

Вещество	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	гидратная вода	H <sub>2</sub> O	pH
Содержание, %	0,12	0,04	31,7	45,49	0,05	22,48	0,12	4,5

Одним из перспективных направлений в решении экологических проблем, связанных с хранением цитрогипса, является разработка и внедрение технологических процессов, позволяющих получать строительные гипсовые вяжущие и материалы на их основе [4].

Так же известен безобжиговый способ получения гипсовых вяжущих из гипсосодержащих отходов, основанных на использовании в качестве водоотнимающей жидкости концентрированной серной кислоты [5].

Компонентный состав отходов перекликается, что делает возможным их совместное использование без образования вторичных ве-

ществ. Для получения достоверных данных был смоделирован эксперимент с использованием промышленных отходов цементного производства (пыль электрофильтров) и отходов производства лимонной кислоты (цитрогипс). (табл. 3)

Компонентный состав отходов перекликается, что делает возможным их совместное использование без образования вторичных веществ. Для получения достоверных данных был смоделирован эксперимент с использованием промышленных отходов цементного производства (пыль электрофильтров) и отходов производства лимонной кислоты (цитрогипс) (табл. 3)

Таблица 3

## Экспериментальные результаты по использованию неорганических промышленных отходов при рекультивации карьеров

№п/п	Почвенный слой, мас.ч.	Защитный экран поверхности (финальное перекрытие), мас.ч.	Закладочный материал			Вскрышные породы (противофильтрационный экран), мас.ч.	Объем фильтра, мл	pH фильтра	Масса зеленой части растений, г
			Вскрышные породы, мас.ч.	Пыль электрофильтров-цементного производства, мас.ч.	Цитрогипс, мас.ч.				
1	1	5	6	4	-	10	320	7,9	2,56
2	1	5	6	4	1,0	10	300	7,7	2,78
3	1	5	6	3	-	10	310	7,8	2,65
4	1	5	6	3	0,6	10	300	7,3	2,82
5	1	5	6	6	-	10	370	8,2	2,00
6	1	5	6	18	-	10	290	10,1	1,80
7*	1	5	6	-	-	10	360	7,6	3,10

\* – контрольный вариант, без использования неорганических промышленных отходов.

Для снижения вымывания химических элементов в грунтовые воды отходы изолируются обработанными вскрышными породами карьера. Схема закладки рекультивационных материалов представлена на рис.1. Используемые отходы частично смешивались как между собой, так и с незначительным количеством вскрышных пород.

В состав закладочного материала входит смесь вскрышных пород и неорганических промышленных отходов в соотношении, вскрышные породы: пыль электрофильтров цементного производства: цитрогипс = 2 : (1-1,5) : (0,2-0,3) [6].

Изменение соотношения компонентов закладочного материала в сторону увеличения содержания пыли электрофильтров цементного производства - вскрышные породы : пыль элект-

трофильтров цементного производства : цитрогипс = 2 : (3-6): 0,3, нецелесообразно, т.к. в этом случае происходит загрязнение грунтовых вод вымываемыми токсичными элементами пыли электрофильтров и угнетение роста и развития высших растений.

Предлагаемый способ рекультивации карьеров с использованием промышленных отходов реализован следующим образом.

1. Выпалаживание бортов карьера.
2. Выравнивание контура участка.
3. Перемещение вскрышных пород из отвалов временного хранения, укладка на дно карьерного поля и уплотнение с целью формирования противофильтрационного экрана, высота которого составляет не менее 2 м в уплотненном состоянии.



Рис. 1. Схема использования закладочного материала при рекультивации карьеров

4. Перемещение вскрышных пород из отвалов временного хранения и перемешивание с неорганическими промышленными отходами (пылью электрофильтров цементного производства и цитрогипса) в соотношении, мас. ч., вскрышные породы : пыль электрофильтров цементного производства : цитрогипс = 2 : (1-1,5) : (0,2-0,3) с целью формирования закладочного материала, его укладка с последующим уплотнением.

5. Перемещение и укладка вскрышных пород из отвалов временного хранения с целью формирования защитного экрана поверхности (финального перекрытия) высотой до 1,5 м.

6. Нанесение почвенно-растительного грунта, снятого в процессе эксплуатации и хранящегося в складах временного хранения, по всей площади рекультивации слоем 0,3-0,5 м.

7. Посадка древесно-кустарниковых пород.

Проведенные исследования показывают, что при таком способе рекультивации карьеров не загрязняется окружающая природная среда, утилизируются неорганические промышленные отходы и не происходит угнетения роста и развития древесно-кустарниковых культур.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пендюрин Е.А., Смоленская Л.М., Старостина И.В. Использование промышленных отходов при рекультивации карьера // Горный журнал. 2012. № 9. С. 126-127.

2. Чернышева Н.В., Шамшуров А.В. Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области». Учебно-справочное картографическое пособие. – Белгород. Изд-во: Белгородская областная типография. 2005. 180 с.

3. Мирюк О.А., Беляева В.И. Пыль в производстве вяжущих материалов // Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2009. 142 с.

4. Старостина И. В., Лукьянова А.Н. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 818-822

5. Влияние условий обработки цитрогипса на состав получаемого гипсового вяжущего / С.В. Свергузова, Л.И. Черныш, Н.В. Чернышева, А.В. Шамшуров // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 31-32

6. Патент на изобретение: Способ рекультивации карьеров с использованием промышленных отходов / Заявка № 2011142936. Дата приоритета 24.10.2011.