

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОТВАЛОВ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКАМ

На основании теоретического и экспериментального моделирования показана степень влияния отвалов скальных пород на прилегающие территории в зависимости от его массы, состава разреза подстилающих пород, времени складирования техногенных отходов и др. Учитывая, эти параметры составлена классификация отвалов по экологическим рискам, которые могут развиваться на прилегающих территориях. В классификации учитывается не только негативное действие отвалов на окружающую среду, но и рекомендованы мероприятия по уменьшению этого влияния отвалов на прилегающие территории.

На підставі теоретичного і експериментального моделювання показана міра впливу відвалів скельних порід на прилеглі території залежно від його маси, складу розрізу підстиляючих порід, часу складування техногенних відходів та ін. Враховуючи, ці параметри складена класифікація відвалів за екологічними ризиками, які можуть розвиватися на прилеглих територіях. У класифікації враховується не лише негативна дія відвалів на довкілля, але і рекомендовані заходи щодо зменшення цього впливу відвалів на прилеглі території.

The comparison of theoretical and experimental modeling results the dependence between mine dump influence in the surrounding areas, subsoil of dump, action time of technogenic waste, etc. are considered on the work. On the basis of these parameters the mine dump classification by ecological risks of the surrounding areas is offered. The negative influence of mine dump on environment and actions for this reduction in the surrounding areas are shown in the classification.

**Вступление.** Рост техногенной нагрузки на окружающую среду способствует активизации опасных экологических процессов [1]. Наиболее хорошо это прослеживается в районах развития горнодобывающей промышленности [2]. Вместе с появлением отрицательных и позитивных форм рельефа происходят изменения режима поверхностных и подземных вод [3]. Инфильтрация высокоминерализованных растворов из хвостохранилищ и отвалов горных пород, а также влияние значительных давлений от массы данных техногенных объектов приводит к перераспределению и загрязнению подземных вод [4]. Подпор грунтовых вод способствует развитию техногенного подтопления территорий, изменению физико-механических свойств горных пород, образованию оползней и активизации карста. Взаимосвязь между отвалом скальных пород и развитием опасных экологических процессов рассматривается на примере Левобережного отвала Южного горно-обогатительного комбината.

**Изложение основного материала.** Теоретическое моделирование осадки основания отвала скальных пород показало, что наибольшие вертикальные перемещения характерны для центральных частей отвала. На последней стадии моделирования при максимальной нагрузке от отвала высотой 102 м и средней плотности сложения  $2,9 \text{ г/см}^3$  под первым уступом вертикальные перемещения составляют 0,4 м, под вторым – 0,8 м и в центре – до 1,8 м. При этом происходит сжатие слоя суглинков в подотвальном разрезе до 20 % от первичной мощности, а нижезалегающие слои водоносных песков испытывают уплотнение до 14 % [1].

Для уточнения теоретических расчетов проведены экспериментальные исследования компрессии одно-, двух- и трехслойных моделей на одомере и прессах.

Анализ результатов экспериментального моделирования позволил сделать следующие выводы:

1. В начале всех опытов происходит наибольшее уплотнение горных пород, далее интенсивность компрессии уменьшается.

2. На величину относительного сжатия пород влияют их состав, продолжительность и величина приложенного давления. Величина относительного сжатия породной модели увеличивается с течением времени и при возрастании приложенного давления.

3. Незначительное увеличение влажности песчаной породы существенно не влияет на компрессию моделей. Взаимосвязь проявляется при больших колебаниях влажности. Таким образом, в экспериментах получены основные закономерности зависимостей уплотнения пород от давления и времени нагрузки.

4. Компрессия моделей зависит от их состава и агрегатного состояния пород: глины, представленные рыхлой однородной массой, уплотняются быстрее суглинков, рыхлой комковатой текстуры; песок мелкозернистый уплотняется сильнее чем среднезернистый.

5. Минералогические исследования моделей после экспериментов показали, что между связной и песчаной породой образуется диффузионный слой мощностью 2-4 мм, а значит, происходит и дополнительное уменьшение пористости песков.

6. Под действием давления происходит переход суглинков в плотную жесткую массу.

7. Вдавливание обломков скальных пород в плотную жесткую массу суглинков приводит к образованию деформационных трещин в ней, тем самым нарушая ее целостность.

Результаты исследований компрессии трехслойных породных моделей экспериментов показали, что связная порода приобретает жесткость под действием давления более 1,6 МПа. Для предотвращения возникновения нарушений в подотвальном противодиффузионном экране нагрузки от отвала должны составлять 1,6 МПа и менее, при этих значениях суглинки и глина не теряют пластичность.

Сопоставление экспериментально и аналитически полученных значений уменьшения пористости породного основания под ядром Левобережного отвала, с учетом нарушенной структуры исследуемых образцов грунтов, условно совпадают: 35,4 % при нагрузке 2,632 МПа и 20 % (2,902 МПа) соответственно.

По результатам теоретического и экспериментального моделирования составлена классификация отвалов горнорудной промышленности по создаваемым экологическим рискам для прилегающих территорий (табл. 1).

В дополнение к таблице 1 необходимо отметить, что физико-химические процессы, протекающие в теле отвала и подстилающих его горных породах, непосредственно изучать невозможно, поскольку бурение отвалов не проводится.

Таблица 1. Классификация отвалов горнорудной промышленности по создаваемым экологическим рискам

Состав пород отвала	Геологический разрез основания отвала	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Количество уступов	Высота, м	Давление, МПа	Продолжительность, года	Площадь, га	Негативное влияние на окружающую среду	Рекомендуемые
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вскрытые рыхлые									
Пески и песчаники с глинистой составляющей	песчаные породы – скальные породы	2,1	≈ 1-2	10	0,2	до 10	10	земельный отвод, пыление отвала	локальный мониторинг, горизонтальный дренаж по периметру отвала по направлению течения грунтовых вод
			≈ 2-3	10-20	0,2-0,4	от 10 до 20	15	земельный отвод, пыление отвала	
			≈ 3	20	0,4	> 20	15	земельный отвод, пыление отвала	
			≈ 4	40	0,8			земельный отвод, пыление отвала; незначительное выжимание водоносных горизонтов из-под ядра отвала	
Известняки	глинистые породы – песчаные породы – скальные породы	2,1	≈ 2-3	> 20	0,4	до 20	15	земельный отвод, пыление отвала	локальный мониторинг, горизонтальный дренаж по периметру отвала по направлению течения грунтовых вод
			≈ 4	40	0,8	> 20		земельный отвод, пыление отвала; незначительное выжимание водоносных горизонтов из-под ядра отвала; оползни как результат обводнения тела отвала	
			≈ 2-3	20	0,4	до 20	15	земельный отвод, физико-химическое выветривание поверхности отвала; загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов, карстообразование	
			≈ 4	40	0,8	> 20		земельный отвод, физико-химическое выветривание поверхности отвала; загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов, карстообразование	
Известняки	глинистые породы – песчаные породы – карбонатные породы – скальные породы	2,2	≈ 2-3	20	0,4	до 20	15	земельный отвод, физико-химическое выветривание поверхности отвала; загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов, карстообразование	локальный мониторинг, протифильтрационный экран, горизонтальный дренаж по периметру отвала по направлению течения грунтовых вод
			≈ 4	40	0,8	> 20		земельный отвод, физико-химическое выветривание поверхности отвала; загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов, карстообразование	
			≈ 2-3	20	0,4	до 20	15	земельный отвод, физико-химическое выветривание поверхности отвала; загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов, карстообразование	
			≈ 4	40	0,8	> 20		земельный отвод, физико-химическое выветривание поверхности отвала; незначительное выжимание водоносных горизонтов из-под ядра отвала; оползни как результат обводнения тела отвала; загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов, карстообразование	



Продолжение таблицы 1

Состав пород отвала	Геологический разрез основания отвала	Плотность, т/см <sup>3</sup>	Количество уступов	Высота, м	Давление, МПа	Продолжительность, года	Площадь, га	Негативное влияние на окружающую среду	Рекомендуемые						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
Вскрышные скальные															
Железистые кварциты, сланцы	песчаные породы – карбонатные породы – скальные породы	1,9	1-2	20	0,4	до 10	900	земельный отвод; физико-химическое выветривание поверхности отвала; незначительное выжимание водоносных горизонтов из-под ядра отвала; незначительное загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов; карстообразование; оползнеобразование	импактный мониторинг; про- тивофильтрационный экран; комбинированный дренаж по периметру отвала с принудительным отводом и накоплением в искусственном водоеме; ограничение по создаваемой нагрузке от массы отвала 1,5 МПа, рекомендуемая высота отсыпки 80 м						
			2-3	40	0,7										
			3-4	60	1,1	до 20									
			5-6	80	1,5										
			6-7	100	1,9	> 20									
			7-8	120	2,2										
			карсто- и оползнеобразование												
			глинистые породы – песчаные породы – карбонатные породы – скальные породы	2,9	1-2	20				0,6	до 10	900	земельный отвод; физико-химическое выветривание поверхности отвала; незначительное выжимание водоносных горизонтов из-под ядра отвала; незначительное загрязнение поверхностных и подземных вод, грунтов; карсто- и оползнеобразование	импактный мониторинг; про- тивофильтрационный экран; комбинированный дренаж по периметру отвала с принудительным отводом и накоплением в искусственном водоеме; ограничение по создаваемой нагрузке от массы отвала 1,5 МПа, рекомендуемая высота отсыпки 60 м	
2-3	40	1,1													
3-4	60	1,7			до 20										
5-6	80	2,3													
6-7	100	2,8			> 20										
7-8	120	3,4													
карсто- и оползнеобразование															

Судить о составе и состоянии пород горных пород в отвалах можно только по косвенным признакам: за счет сопоставления состава складированных отходов, подземных и поверхностных вод, почв на прилегающих территориях. Определенную ясность о физико-химических процессах, проходящих в рудных отвалах, могут внести экспериментальные исследования Л. Г. Прожогина и В. Г. Борисенко [5], которые считают, что в теле отвала протекают электрохимические процессы. Авторами установлено наличие разности потенциалов между отдельными слоями магнетита в магнетитовых кварцитах и сланцах. Разность потенциалов может достигать 130 мВ, а в электролитах до 200 мВ и более. Атмосферные осадки, просачивающиеся через отвал, в первую очередь, растворяют хлориды и сульфаты натрия и калия, содержащиеся в сланцах, тем самым формируя электролиты. В них происходит растворение карбонатов в середине рудных слоев и на контакте с ними, сопровождающееся образованием коллоидных гидрооксидов железа. Процесс приобретает маятниковый характер, вплоть до полного разрушения обломков сланцев и кварцитов, находящихся в электролите. Периодическое поступление новых порций воды способствует интенсификации процесса, а излишки растворов переносятся в подземные и поверхностные воды через нарушенный подотвальный защитный экран. Со временем у подножья «старых» отвалов формируются «железные шляпы», состоящие из гидроокислов железа. Таким образом, уже на начальных стадиях эксплуатации рудных отвалов в них протекают физико-химические процессы, способствующие загрязнению прилегающих территорий.

**Выводы.** В Украине отвалы горнодобывающей промышленности относят к «низкому» классу опасности. Учитывая приведенные выше результаты, необходимо, по-видимому, пересмотреть класс опасности отвалов горнорудной отрасли.

#### Список литературы

1. Приходько М. М. Екологічне інспектування природних і антропогенних геосистем як основа сталого розвитку / М. М. Приходько // Наук.-техн. журнал. – 2010. – № 1. – С. 27-33.
2. Ахкозов Ю. Л. Современная активизация геологических процессов и некоторые проблемы горнодобывающих регионов / Ю. Л. Ахкозов // Зб. наук. праць Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету. – 2003. – Вип. 1. – С. 78-81.
3. Шашенко А. Н. Проблема разработки недр в кривбассе: технические и эколого-правовые аспекты безопасной эксплуатации / А. Н. Шашенко // Зб. наук. праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України «Екологія і природокористування». – 2009. – Вип. 12. – С. 139-141.
4. Телима С.В. Модельні дослідження процесів підтоплення ґрунтовими водами міських територій в сучасних умовах / С. В. Телима, Н. Ю. Ревякіна // Зб. наук. праць М-ва освіти і науки України, Київ. нац. ун-та та буд-ва і архіт., НАН України, Ін-ту телекомунікацій і глобал. інформ. простору [«Екологічна безпека природокористування»]. – 2011. – Вип. 7. – С. 45-63.
5. Роль электрохимических процессов в формировании окисленных железных руд Криворожского типа/ Л.Г. Прожогин, В.Г. Борисенко, В.М. Казак и др. – К.: Изд-во ИГФ АН УССР, 1984. – 52 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.  
Надійшла до редакції 27.11.2014*