

В.П. Надутый, д. т. н., проф.,  
(ИГТМ)

О.Н. Прокопюк, асп.,  
(НУВХП)

П.В. Левченко, асп.  
(ИГТМ)

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗУПРОЧНЕНИЯ ТУФА В ОТВАЛАХ БАЗАЛЬТОВЫХ КАРЬЕРОВ**

Методом экспериментальных исследований показана возможность знеміцнення туфів кар'єрного видобутку періодичним їхнім змочуванням і наступним сушінням. Показано, що при декількох таких циклах туфи або цілком руйнуються, або розпадаються на окремі частини. Цю властивість рекомендовано використовувати при розробці технології переробки.

## **RESULTS OF ANALYSIS OF SOFTENING TUFFS IN NONUTILIZABLE WASTE OF BASALT PITS**

The method of experimental researches shows an opportunity softening of tuffs of borrow cut by their periodic wetting and subsequent drying. It is shown, that at several such cycles tuffs or completely collapse, or break up to separate parts. This property is recommended to use by development of technology of working up.

В последние годы на основании опыта применения туфа в сельском хозяйстве, животноводстве, строительстве усилилась потребность в добыче этого минерального сырья, учитывая результаты его многочисленных исследований. Когда было установлено, что в его составе содержатся ценные для промышленности металлы, вопрос переработки по комплексной технологии начал разрабатываться особенно интенсивно.

Залегание базальтового пласта в виде траппового образования состоит из отдельных слоев или прослоек в базальте лавобрекчии и туфа. Причем, туф находится или во вскрыше базальтового массива или является его подстилающей породой. Во всех указанных случаях при бурении скважин для отбойки уступа после взрыва горная масса представляет собой смесь базальта, лавобрекчии и туфа. Учитывая, что прочность этих пород различная, базальт, как наиболее прочный, имеет более крупнокусковую горную массу. Лавобрекчия имеет высокую трещиноватость и по прочности более чем в 2 раза уступает базальту, потому при взрывной отбойке она сохраняет кусковатость. Однако размеры кусков меньше, чем у базальта, поэтому при экскавации базальт отделяется от общей массы и отправляется на дробильно-сортировочную фабрику для переработки на щебень различной фракции. Оставшиеся лавобрекчия и туф не являются товарной продукцией и отгружаются в отвал. При этом туф как самая слабая порода имеет более мелкую кусковатость [1].

Извлечение туфа с отвалов является наиболее рентабельной его добычей, однако реализация этой технологии сдерживается трудностью его отделения из общей массы отвала. Исследования показали, что в отвале находится от 30

до 40 процентов туфа, различного грансостава, поэтому вопрос его извлечения требует поиска решения.

Идея возможного решения вопроса заключается в том, что туфы в действующих карьерах имеют значительно меньшую прочность по отношению к туфам подземной добычи. Это связано с тем, что они постоянно подвергаются воздействию взрывов на карьере и имеют высокую трещиноватость. Кроме того, в любое время года они подвергаются воздействию влаги от осадков, что дополнительно разупрочняет их. Находящаяся в отвале лавобрекчия имеет другие физико-механические характеристики, и за период производственного цикла карьера влияние погодных условий на ее разупрочнении не сказывается.

Целью исследований являлось определение степени разупрочнения туфа в условиях отвала при многократном воздействии на него влаги.

Лабораторные исследования по разупрочнению карьерного туфа в водной среде показали, что он разрушается значительно интенсивнее, чем туф подземной добычи. Причем, процесс разрушения зависит от грансостава туфа, который влияет на время и характер его разрушения. Куски крупностью до 20÷25 мм после выдержки в воде 120÷150 часов полностью распадаются на мелкие части (1,5÷2,0 мм), а куски размерами 250÷400 мм распадаются на отдельные 50÷100 мм и уже при повторной выдержке в воде распадаются на отдельные мелкие фракции. Результаты таких исследований по насыщению приведены в табл. 1 [2], где процесс насыщения залитых водой туфовых образцов разного веса фиксировался во времени. Полное насыщение влагой образцов наступает через 120 часов, причем мелкие образцы насыщаются в течение 1÷2 часов.

Таблица 1 – Результаты исследований насыщения туфа водой

Время, ч	Масса образцов, кг						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
0	0,052	0,106	0,348	0,681	1,025	2,18	3,347
0,5	0,056	0,113	0,362	0,707	1,077	2,246	3,44
1	0,058	0,116	0,363	0,708	1,089	2,275	3,473
2	0,058	0,118	0,363	0,71	1,092	2,321	3,544
3	0,058	0,124	0,364	0,714	1,097	2,336	3,548
23	0,058	0,125	0,366	0,715	1,102	2,359	3,563
68	0,058	0,125	0,368	0,718	1,104	2,365	3,594
96	0,058	0,125	0,37	0,718	1,106	2,368	3,596
120	0,058	0,125	0,37	0,718	1,106	2,368	3,596

В табл. 2 представлены результаты исследований по обезвоживанию образцов туфа после насыщения в воде.

Процесс высыхания при комнатной температуре (24 °С) происходит в те-

чение 2÷3 часов для мелких кусков туфа и в течение 140÷150 часов – для крупных. Результатом одного цикла воздействия водой явилось почти полное разрушение для мелких фракций туфа, а крупные распались на 3-4 части. Поэтому для их полного разрушения необходимо 3-4 цикла.

Таблица 2 – Результаты исследований по обезвоживанию туфа

Время, ч	Масса образцов, кг						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
0	0,058	0,125	0,37	0,718	1,106	2,368	3,596
1	0,054	0,116	0,364	0,716	1,102	2,343	3,568
3	0,052	0,112	0,36	0,706	1,097	2,335	3,556
6	0,052	0,111	0,357	0,702	1,09	2,329	3,532
25	0,052	0,109	0,351	0,694	1,071	2,286	3,488
30	0,052	0,107	0,35	0,691	1,066	2,281	3,48
33	0,052	0,106	0,349	0,69	1,062	2,275	3,47
50	0,052	0,106	0,348	0,684	1,05	2,248	3,438
53	0,052	0,106	0,348	0,684	1,049	2,243	3,432
118	0,052	0,106	0,348	0,684	1,025	2,228	3,372
148	0,052	0,106	0,348	0,684	1,025	2,18	3,347

Графический анализ экспериментальных результатов по насыщению водой во времени представлен на рис. 1, а по высыханию – на рис. 2, из которых видно, что процессы протекают по линейному закону и могут прогнозироваться с целью разупрочнения туфов карьерной добычи.

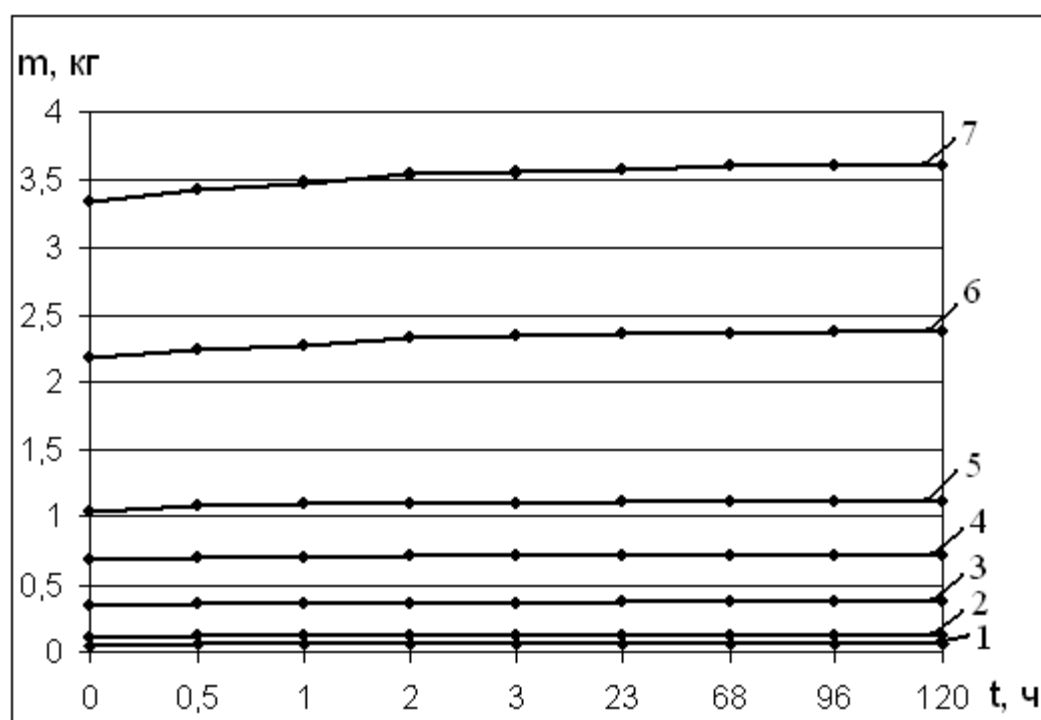


Рис. 1 – График зависимости насыщения туфа разной массы от времени

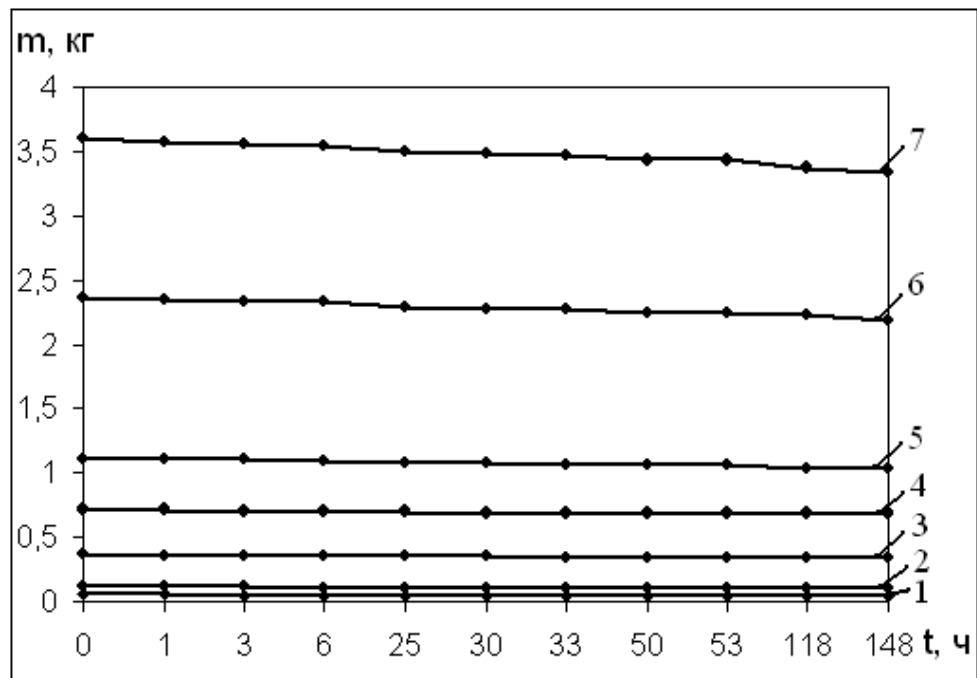


Рис. 2 – График обезвоживания туфа разной массы во времени

Количество необходимой воды для разупрочнения определяется из максимального влагонасыщения туфа, которое составляет в среднем 10 % от его веса при одном цикле замачивания. Учитывая, что при добыче базальтов открытым способом с подстилающие туфовые породы обводнены, вода из карьера периодически откачивается, то для разупрочнения отвального туфа ее достаточно, и эта технология может быть внедрена с минимальными затратами.

В результатах представленных исследований рассмотрен один цикл воздействия влаги на туф. Для выяснения тенденции его разупрочнения при воздействии последующих циклов обводнения на тех же образцах эксперименты были продолжены. Результаты их повторного смачивания представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты повторного насыщения водой туфовых образцов

Время, мя,	Масса образцов, кг						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
0	0,05	0,10	0,34	0,68	1,02	2,18	3,34
0,5	0,05	0,11	0,35	0,70	1,07	2,25	3,44
1	0,05	0,11	0,36	0,70	1,08	2,28	3,46
2	0,05	0,12	0,36	0,71	1,09	2,34	3,47
26	0,05	0,12	0,36	0,71	1,10	2,35	3,48
49	0,05	0,12	0,36	0,71	1,10	2,36	3,54
56	0,05	0,12	0,37	0,71	1,10	2,36	3,58
84	0,05	0,12	0,37	0,71	1,11	2,36	3,59

Анализ результатов показал, что в весовом отношении насыщение образцов водой остается прежним, однако во времени это происходит более чем на 40 % быстрее по отношению к предыдущему эксперименту. Объясняется это увеличением свободной поверхности и трещиноватости в образцах после первого эксперимента. Графический анализ процесса повторного насыщения образцов показан на рис. 3.

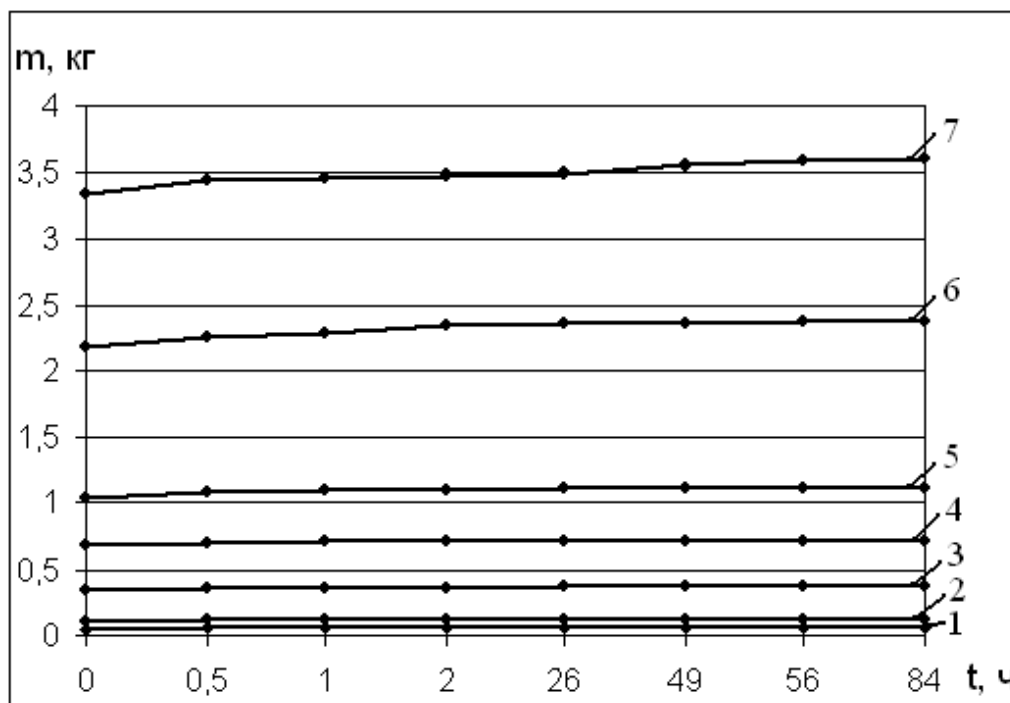


Рис. 3 – Зависимость насыщения туфов при повторном смачивании водой от времени

Обратный процесс обезвоживания (естественной сушки) образцов происходит также значительно быстрее. Результаты этого эксперимента представлены в табл. 4, а их графический анализ – на рис. 4, из которых видно, что процесс обезвоживания во втором случае происходит более чем на 30 % быстрее. Причиной такого ускорения служит распад образцов и увеличение площади свободной поверхности.

Таблица 4 – Результаты повторного обезвоживания туфовых образцов

Время, ч	Масса образцов, кг						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
0	0,058	0,126	0,371	0,718	1,11	2,366	3,594
1	0,053	0,119	0,366	0,716	1,105	2,348	3,552
3	0,052	0,113	0,359	0,706	1,097	2,332	3,567
6	0,052	0,113	0,354	0,702	1,09	2,327	3,518
25	0,052	0,108	0,351	0,694	1,071	2,275	3,469
68	0,052	0,106	0,341	0,679	1,039	2,24	3,413
86	0,052	0,106	0,34	0,675	1,032	2,22	3,361
110	0,052	0,106	0,34	0,675	1,025	2,16	3,347

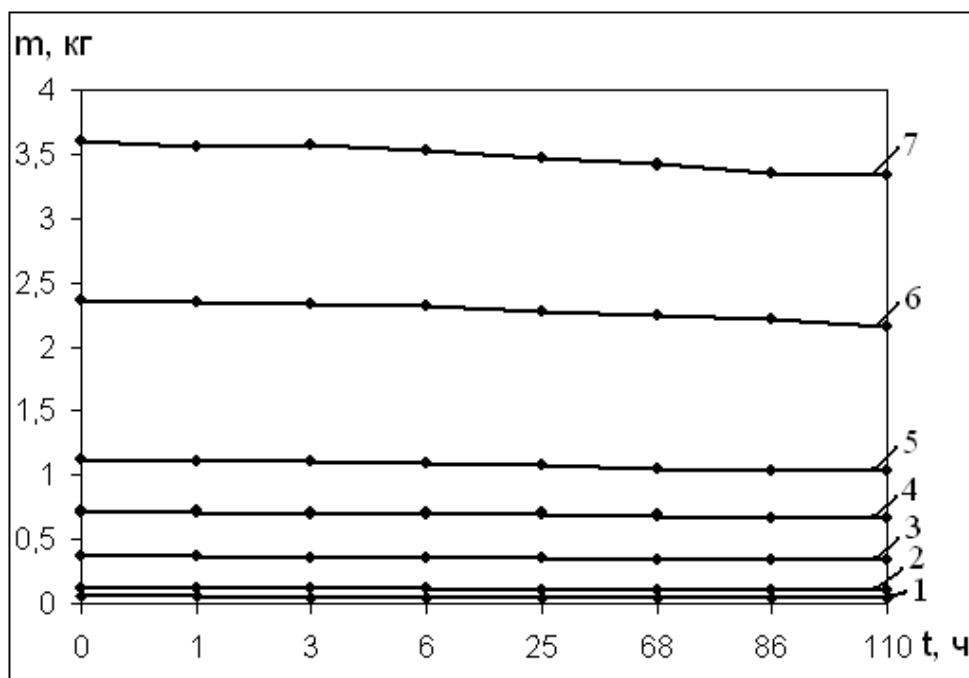


Рис. 4 – Зависимость обезвоживания туфов после повторного смачивания водой от времени

После повторного высыхания образцов их разупрочнение значительно увеличилось. Мелкие фракции (5÷10 мм) распадаются до крупности песка, а крупные увеличивают кусковатость в 2÷4 раза.

Таким образом, обводнение туфовых отвалов позволит разупрочнить и снизить кусковатость туфовой массы. Количество циклов обводнения должно подбираться экспериментально, но рекомендуется не менее 2-х.

Проверка результатов воздействия влаги на туфы в условиях базальтовых карьеров показала, что этот процесс идет более медленно, в зависимости от периодичности воздействия внешней влаги, и его можно ускорить при дополнительном орошении. Последующее мелкое виброгрохочение отвальной горной массы по мелкому классу крупности (2,0÷2,5 мм) показало, что в подрешетном продукте грохота находится до 80 % мелкого туфа, а в надрешетном продукте остаются лавобрекчия и базальт [3].

Таким образом, выполненные исследования показали, что извлечение туфа из отвалов базальтовых карьеров Ровеньщины технологически возможно путем периодического орошения отдельных участков с последующим мелким грохочением горной массы для отделения туфа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маланчук З.Р. Результати досліджень по визначенню основних показників видобутку туфів методом свердловинної гідротехнології / Маланчук З.Р., Стець С.Є., Мандзюк Р.В. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2005. – Вип. 4(32), Ч. 1. – С. 207-214.
2. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований. – Л.: Недра, 1990. – 328 с.
3. Надутый В.П. Определение элементного состава вскрышных и основных пород Рафаловского базальтового карьера / Надутый В.П., Маланчук З.Р., Гринюк Т.Ю. // Геотехнічна механіка : Між від. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. – 2007.– Вип. 68. – С. 47-51.