

2. Бейлин, М.И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей / М.И. Бейлин. - М.: Недра, 1969. – 240 с.
3. Определение закономерностей опускания жидкости в поровых каналах влажной горной массы, лежащей на сетке / В.П. Надутый, В.И. Елисеев, В.И. Луценко, И.П.Хмеленко // Науковий вісник національного гірничного університету. - 2009. - № 2. - С. 71-74.
4. Разработка модели опускания жидкости в поровом канале переменного сечения при обезвоживании слоя горной массы / В.П. Надутый, В.И. Елисеев, В.И. Луценко, И.П.Хмеленко // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр./ ИГТМ НАН Украины. Днепропетровск, 2010. - Вып. 85. - С. 196–201.
5. Холпанов, Л.П. Гидродинамика и тепломассообмен с поверхностью раздела / Л.П. Холпанов, В.Я. Шкадов. - М.: Наука, 1990. - 271с.
6. Дерягин, Б.В. Теория нанесения вязкой жидкости на вытаскиваемое из нее волокно или проволоку / Б.В. Дерягин // Прикладная механика и техническая физика. – 1963. - № 3. - С. 17-24.
7. Байков, В.А. Увлечение жидкости движущейся поверхностью / В.А. Байков, З.П. Шульман // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1985. - №4. - С. 17-21.
8. Spiers, R.S. Free coating of a Newton liquid onto a vertical surface / R.S. Spiers, C.V. Subbaraman, W.L. Wilkinson // Chem Engng. Sci., 1974. - V. 29. - №2. - P. 389-396.
9. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. - Т.1. - М.: Наука, 1987. – 464 с.

**УДК 622.277**

В.П. Надутый, д.т.н.,  
 О.Н. Прокопюк, асп.,  
 П.В. Левченко, асп.  
 (ИГТМ НАН Украины)

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
 ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ВЛАГИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ  
 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУФОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛЕГАНИЯ**

Отримані регресійні залежності, міцності і коефіцієнта опору насиченню вологою туфу, дозволяють визначати необхідні параметри процесу зменшення міцності туфів підземного видобутку водою

**IDENTIFICATION OF RESULTS OF EXPERIMENTAL  
 RESEARCHES OF MOISTURE INFLUENCE ON THE BOND  
 PERFORMANCES OF UNDERGROUND PRODUCTION TUFF**

Regression dependences of durability and factor of resistance to saturation by a tuff moisture are received and they allow to define necessary parameters of decrease durability process of underground extraction tuff by water

На протяжении последних лет увеличилась потребность в добыче туфа, так как он все более широко стал использоваться в сельском хозяйстве, животноводстве, медицине и строительстве. Кроме того, после более детального изучения его химического состава, было установлено, что в состав этого минерального сырья входят ценные для промышленности металлы. Для получения ценных компонентов из данного минерального сырья кроме добычи необходимо его подвергнуть переработке и обогащению, но в связи с малоизученностью физико-механических характеристик туфа весь комплекс технологических операций будет малоэффективен. В связи с этим возник вопрос установления прочностных характеристик, влияния влаги и водопоглощения туфов.

Необходимость изучения характеристик туфа, кроме технологических операций переработки и обогащения, также очень важна для выбора способа добычи данного минерального сырья, будь-то карьерная либо скважинная гидродобыча.

При изучении характеристик туфов Ровенщины [1], было установлено, что они имеют цеолит-сметитовую основу. В данном регионе туфы вскрываются при разработке базальтовых карьеров. Пласты туфа имеют высокую прочность при залегании под давлением вышележащих горных пород и базальтового массива, а в тех местах, где он выходит на поверхность наоборот – низкую.

**Целью исследований** является идентификация результатов экспериментальных исследований влияния влаги на прочностные характеристики и степень поглощения влаги туфами глубокого подземного залегания.

В проведенных ранее экспериментальных исследованиях [2] было установлено, что при нахождении образцов туфа в водной среде происходит их усиленное разупрочнение за счет ослабления цементирующих цеолитов и смектитов. Также авторами обнаружена способность туфа поглощать в среднем до 12 % воды по отношению к весу сухого образца. Основные характеристики исследуемых образцов туфа, взятых при бурении глубоких скважин, представлены в табл. 1.

С целью получения аналитических зависимостей для определения прочности и массы влаги поглощенной образцами туфа, при изменении времени нахождения их в водной среде, в течении пяти часов, так как при дальнейшем смачивании прочность и водопоглощение не изменяются, была проведена идентификация результатов экспериментальных исследований.

Экспериментальная зависимость [2] коэффициента сопротивления насыщению, представляющего собой отношение массы начального сухого образца  $m_0$  к массе образца после выдержки его в воде в определенные заданные промежутки времени  $m_i$   $\left( k = \frac{m_0}{m_i} \right)$ , от времени нахождения образцов туфа в водной среде (t,ч) с высоким уровнем достоверности идентифицируется параболической моделью:

$$k = a + b_1t + b_2t^2$$

Таблица 1 – Характеристики исследуемых образцов туфа

№ пробы	Глубина h, м	Масса m, гр	Прочность $\sigma$ , кг/мм <sup>2</sup>
1	252,8	27,2	17,1
2	115	48,3	14,3
3	241,6	48,4	40
4	307,1	31,8	11,4
5	267	45,8	6,86
6	244,1	54,4	6,86
7	288,1	65	11,4

Продолжение табл.1

8	254,5	32,4	18,3
9	250,4	40,4	13,7
10	304	36,8	11,4
11	247	52,8	11,4

Результаты расчета регрессионных зависимостей для всех образцов и их графики представлены в табл. 2 и на рис.1 соответственно.

Таблица 2 – Параметры параболической зависимости  $k = f(t)$  для исследуемых образцов

№ образца	Параметры модели						
	$a$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$F$	$t_1$	$t_2$
1	0,9987	-0,0283	0,0033	0,992	119,9	9,4	5,58
2	0,999	-0,0373	0,0042	0,997	305,6	14,57	8,39
3	0,9994	-0,0137	0,0012	0,996	242,16	10,54	4,71
4	0,9975	-0,0326	0,0037	0,977	42,43	5,54	3,25
5	0,9984	-0,036	0,0044	0,992	125,1	10,2	6,4
6	1	-0,0087	0,0008	0,994	168,02	8,86	4,02
7	0,998	-0,0377	0,0045	0,984	60,58	6,96	4,31
8	0,9992	-0,0385	0,0046	0,998	403,35	17,89	11
9	0,9992	-0,031	0,0038	0,993	146,97	11,15	7,06
10	0,998	-0,0365	0,004	0,99	97,64	8,59	5,16
11	0,999	-0,0362	0,004	0,994	180,55	11,47	6,77

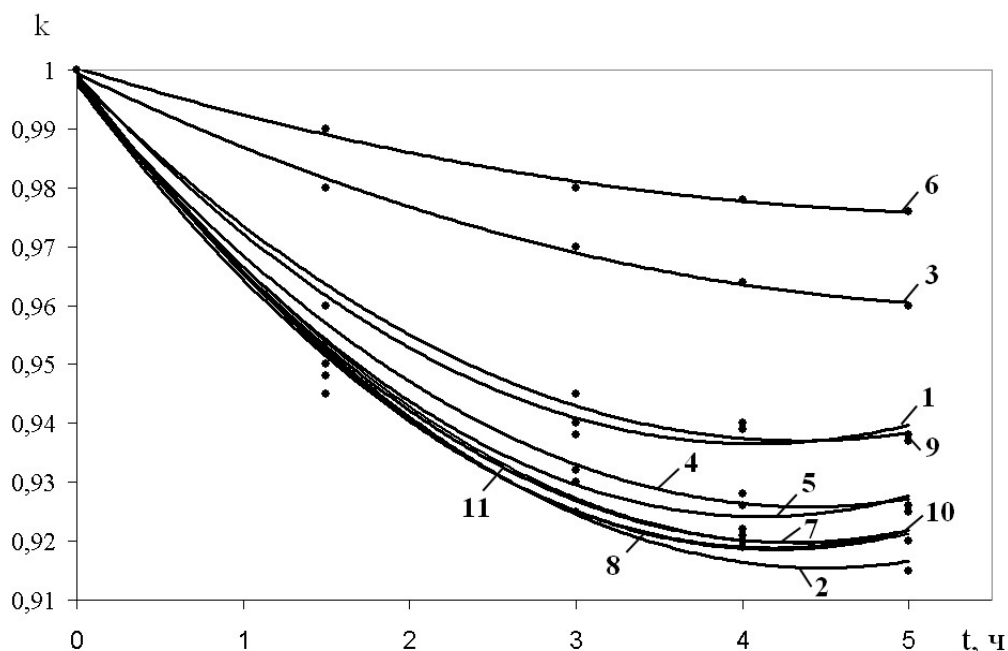


Рис.1 – Зависимость коэффициента сопротивления насыщению влагой от времени нахождения образцов туфа в воде

В приведенной таблице параметр  $R^2$  – коэффициент детерминации, который в зависимости от времени нахождения образцов в водной среде принимает зна-

чения в диапазоне  $0,977 \div 0,998$ . Адекватность модели проверялась по статистике Фишера  $-F$  [3]. Этот показатель сравнивался с критическим значением  $F_{крит}$ , взятый из таблицы распределения Фишера при степенях свободы  $\nu_1 = m$  и  $\nu_2 = n - m - 1$ . В нашем случае  $n$  – объем выборки  $n = 5$  (пять значений времени);  $m$  – число объясняющих переменных (в нашем случае  $m = 2$ , т.е. переменные  $t$  и  $t^2$ ).

В соответствии с таблицей распределения Фишера  $F_{крит} = 19$  при  $\nu_1 = 2$  и  $\nu_2 = 2$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Поскольку расчетные значения  $F$  больше критического, то полученные параболические модели - адекватны. В табл. 2 показатели  $t_1$  и  $t_2$  – коэффициенты надежности коэффициентов регрессии  $b_1$  и  $b_2$ . Для проверки значимости показатели  $t_k$  (где  $k = 1, 2, \dots$ ) сравниваем с критическим значением  $t_{крит}$ , представленным в таблице распределения Стьюдента для принятого уровня значимости  $\alpha = 0,5$  и числе степеней свободы  $\nu_2 = 2$ . Для наших уравнений регрессий  $t_{крит} = 4,3$ . Поскольку согласно табл. 2 для всех моделей  $t_1 \geq t_{крит}$  и  $t_2 \geq t_{крит}$  кроме образцов №4 и №6. Следовательно, коэффициенты регрессии  $b_1$  и  $b_2$  являются значимыми.

Учитывая полученные экспериментальные графики [2] зависимости контактной прочности образцов туфа  $\sigma$ , кг/мм<sup>2</sup> от времени нахождения в воде  $t$ , ч, ее можно описать квадратичной зависимостью:

$$\sigma = a + b_1 t + b_2 t^2$$

Коэффициент детерминации для этой модели близок к единице, что свидетельствует о хорошей ее адекватности. Результаты расчета линейных моделей для различных пород приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Параметры параболической модели  $\sigma = f(t)$   
для исследуемых образцов

№ образца	Параметры модели						
	$a$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$F$	$t_1$	$t_2$
1	16,505	-8,48	1,137	0,973	36,21	6,15	4,3
2	13,835	-6,876	0,91	0,976	41,04	6,44	4,4
3	20,582	-9,402	1,213	0,978	45,22	6,561	4,4
4	11,082	-5,186	1,672	0,981	52,67	7,12	4,76
5	6,683	-2,878	0,376	0,98	49,82	6,98	4,71
6	6,71	-2,686	0,318	0,986	71,58	7,49	4,38
7	11,115	-5,338	0,697	0,985	64,373	7,94	5,35
8	17,78	-8,098	1,021	0,981	51,12	6,79	4,42
9	13,272	-6,673	0,882	0,978	45,28	6,76	4,62
10	11,065	-5,023	0,639	0,979	47,49	6,62	4,35
11	11,156	-5,297	0,682	0,989	86,379	6,02	9,05

Высокий коэффициент детерминации  $R^2 = 0,973 \div 0,989$  свидетельствует о том, что варьируемый фактор (время) полностью объясняет изменение контактной прочности образцов туфа. Для исследуемой модели  $\nu_1 = 2$ ;  $\nu_2 = 2$ ,  $F_{крит} = 19$ . Для всех моделей различных образцов  $F > F_{крит}$ , следовательно, полученные регрессионные зависимости адекватны. Критическое значение статистики Стьюдента  $t_{крит} = 4,3$  при  $\nu_2 = 2$  и  $\alpha = 0,05$ . Поскольку для всех моделей  $t_1 \geq t_{крит}$  и  $t_2 \geq t_{крит}$ , то коэффициенты регрессии для всех моделей являются значимыми. Итоговые графики расчетных зависимостей представлены на рис. 2.

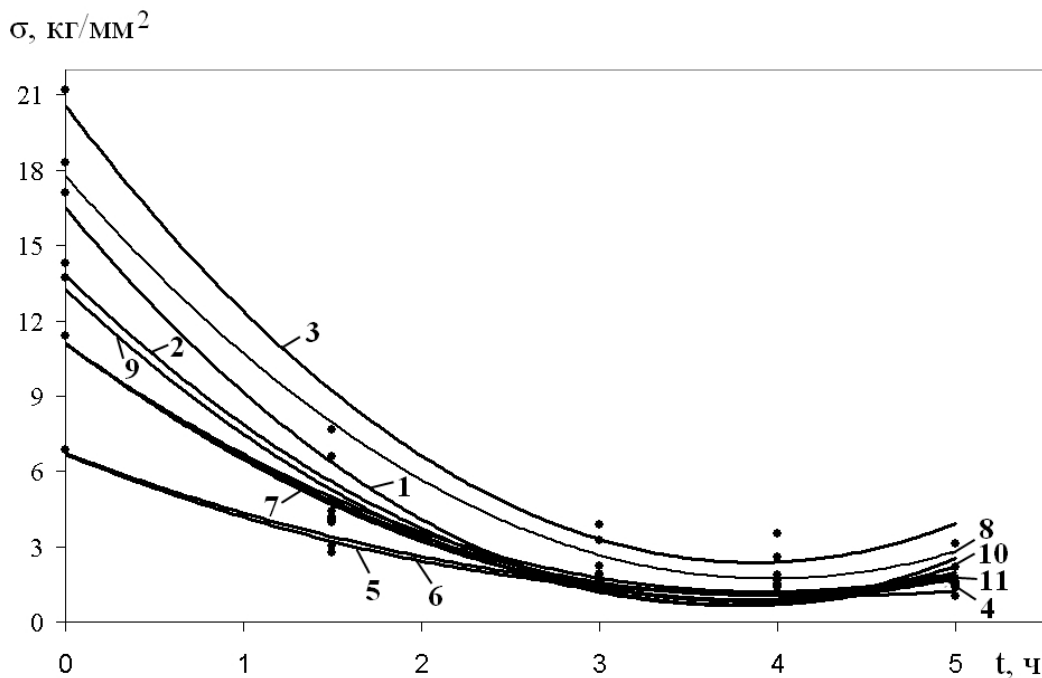


Рис.2 – Зависимость контактной прочности образцов туфа от времени нахождения в воде

Полученные регрессионные зависимости прочности и коэффициента сопротивления насыщению влагой туфа позволяют определять необходимые параметры процесса разупрочнения туфов при скважинной гидродобыче.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельничук В.Г. Цеоліт-сметитові вулканічні туфи Рівненщини та перспективи їх господарського використання / Вісник НУВГП: Зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2002. – Вип. 5(18), Ч. 1. – С. 107-114.
2. Надутый В.П. Исследование влияния влаги на прочностные характеристики туфа подземной добычи. / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, О.Н. Прокопюк. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. - Днепропетровск, 2010. – Вып. 90. – С. 174-179.
3. Гришин В.К., Живописцев Ф.А., Иванов В.А. Математическая обработка и интерпретация физического эксперимента. – М.: МГУ, 1988. – 318 с.