

РАСЧЁТ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ОСНОВАНИИ ОТВАЛА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ЕГО ФОРМИРОВАНИИ

Е.Б. Яницкий
ОАО «ВТОГЕМ», г. Белгород, Россия

Аннотация: В работе представлено описание разработанного аналитического решения задачи одномерной фильтрационной консолидации грунта основания отвала горных пород для выполнения расчётов порового давления и связанных с ним характеристик в программных вычислительных моделях.

Приведены расчётные соотношения и примеры расчёта для порового давления, степени и времени одномерной фильтрационной консолидации грунтов основания отвала горных пород при его стадийном формировании.

Ключевые слова: отвал горных пород, основание, фильтрационная консолидация, степень и время фильтрационной консолидации.

CALCULATION OF POREWATER PRESSURE AT THE BASE OF A ROCK HEAP DURING ITS FORMATION

E.B. Yanitskiy
OJSC «VTOGEM», Belgorod

Abstract: The paper presents a description of the developed analytical solution to the problem of one-dimensional filtration consolidation of soil at the base of a rock heap for performing calculations of porewater pressure and related characteristics in software computational models.

Calculation ratios and examples of calculation for porewater pressure, degree and time of one-dimensional filtration consolidation of soils at the base of the rock heap during its staged formation are given.

Keywords: rock heap, foundation, filtration consolidation, degree and time of filtration consolidation.

Формирование отвалов на слабом глинистом основании сопровождается изменением гидрогеологических условий и состояния дисперсных пород, залегающих в основании отвала, за счет развития процессов фильтрационной и деформационной консолидации. При этом уровень грунтовых вод четвертичного водоносного горизонта в периферийной зоне отвала повышается до естественной поверхности рельефа и в случае отсутствия решений по инженерной защите основания от подтопления (дренажные каналы, отсыпка пионерного яруса полностью из неразмокаемых скальных пород) поднимается в нижние слои отвала. В дальнейшем при отсыпке новых ярусов продолжается рост давления на породы основания и поровая вода из водонасыщенных пластичных слоев фильтруется к периферии отвала, где давление ниже. При этом, поскольку глинистые породы характеризуются слабой проницаемостью, данный процесс сопровождается подъемом уровня грунтовых вод и ростом порового давления в периферийной части отвала и его основании. Чем быстрее растет нагрузка на основание отвала (высота отвала), тем больше поровое давление и выше подъем уровня грунтовых вод в слоях основания и нижней части отвального массива, расположенных в периферийной зоне отвала.

Подъем уровня грунтовых вод в периферийной зоне отвала ведет к водонасыщению дополнительных слоев четвертичных пород и их переходу из твердой в пластичную консистенцию, что приводит к заметному снижению сдвиговых характеристик и несущей способности основания в периферийной зоне отвальных массивов.

Нормативными документами [1] закреплено требование к необходимости изучения и учета порового давления в расчетах устойчивости, в случае если основание отвалов представлено песчано-глинистыми породами, а отвал сложен связными дисперсными породами или скальными породами с содержанием глинистого заполнителя 30% и более.

Методические положения оценки порового давления изложены в нормативных указаниях ВНИИ [2] 1987 г в виде соответствующих графиков, что приводит к трудности его оценки при численном моделировании.

Вопросами оценки и учета влияния порового давления, закономерностей его изменения при отсыпке отвалов на слабое основание, а также гидроотвалов занимались различные авторы [3-16], но способы его аналитической оценки в общем виде отсутствуют.

Таким образом, учет степени фильтрационной консолидации при геомеханическом обосновании параметров отвалов на слабом глинистом основании является одной из акту-

альных задач, решение которой напрямую связано с оценкой времени, требуемого для консолидации первого яруса отвала и возможности отсыпки второго и последующих ярусов.

Приводимые в данной работе результаты аналитического решения задачи одномерной фильтрационной консолидации грунта позволяют выполнять расчёты порового давления и связанные с ним характеристики в программных вычислительных моделях. Данный алгоритм реализован в Microsoft Office Excel, а также программном комплексе ГИС ГЕОМИКС.

Исходные условия

Данная методика разработана на основе работ [1, 2, 17-19] по теории механики грунтов и решению уравнений математической физики. Рассматривается задача одномерной фильтрационной консолидации слоя пород под действием переменной во времени внешней нагрузки.

Условия решаемой задачи:

- ✧ отвал формируется поинтервально (стадия отсыпки сменяется стадией без отсыпки (отстоя, отсыпка не ведётся)) по времени (t):
- ✧ стадия 1: $t \in [0; t_1]$ отсыпка отвала – $V \geq 0$, $p_0 = 0$ – начальное условие;
- ✧ стадия 2: $t \in (t_1; t_2]$ нет отсыпки (стадия отстоя) – $V = 0$, $p_0 = p(z, t_1)$;
- ✧ стадия 3: $t \in (t_2; t_3]$ отсыпка отвала – $V \geq 0$, $p_0 = p(z, t_2)$;
- ✧ стадия 4: $t \in (t_3; t_i]$ нет отсыпки (стадия отстоя) – $V = 0$, $p_0 = p(z, t_3)$;

где, t_1, t_2, t_3 – время от начала отсыпки; V – скорость нагружения (постоянная), $p(z, t)$ – поровое давление.

Рассматриваются 3 схемы граничных условий (ГрУ) (рис. 1):

- 1 – двухсторонняя фильтрация ($\Updownarrow$);
- 2 – фильтрация только сверху ($\Uparrow$);
- 3 – фильтрация только снизу ($\Downarrow$).

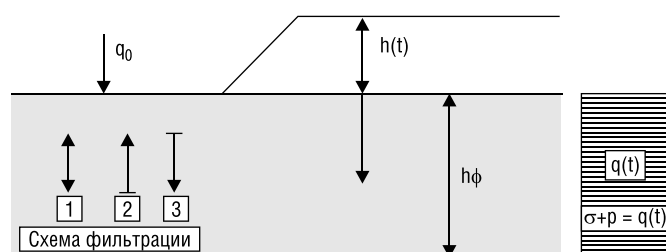


Рис. 1. Расчётная схема задачи

σ – давление в скелете грунта; p – поровое давление воды; q_0 – начальное давление; z – текущая координата по слою; h_ϕ – мощность слоя фильтрационной консолидации; $h(t)$ – высота отсыпаемого яруса (отвала) в зависимости от времени отсыпки; $q(t)$ – дополнительное общее давление/ Fig. 1. σ – pressure in the ground skeleton; p – porewater pressure; q_0 – initial pressure; z – current coordinate by layer; h_ϕ – thickness of the filtration consolidation layer; $h(t)$ – the height of the dumped tier (rock heap) depending on the time of dumping; $q(t)$ – additional total pressure.

Общее решение для порового давления воды $p(z, t)$

Уравнение фильтрационной консолидации в рассматриваемом случае имеет:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = C \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} + V'. \quad (1)$$

$$V' = \begin{cases} V, & \text{интервалы по } t \text{ — 1 и 3;} \\ 0, & \text{интервалы по } t \text{ — 2 и 4.} \end{cases} \quad (2)$$

Граничные условия при $z = z' = \{0; h_\phi\}$:

$$\begin{aligned} p(z', t) &= 0, \text{ — фильтрация;} \\ p'z'(z', t) &= 0 \text{ — отсутствие фильтрации,} \end{aligned} \quad (3)$$

где $p'z'(z', t)$ – производная по z при $z=z'$.

Обозначение давления и начальные условия для интервалов:

$$\begin{aligned} p &= p_1(z, t); p_1(z, 0) = 0, t \in [0; t_1]; \\ p &= p_2(z, t); p_2(z, t_1) = p_1(z, t_1), t \in [t_1; t_2]; \\ p &= p_3(z, t); p_3(z, t_2) = p_2(z, t_2), t \in [t_2; t_3]; \\ p &= p_4(z, t); p_4(z, t_3) = p_3(z, t_3), t \in [t_3; t_k]. \end{aligned} \quad (4)$$

Общее решение находится методом разделения переменных в виде ряда Фурье по z :

$$p(z, t) = \sum_{k=1}^n Z_k(z) T_k(t), \quad (5)$$

$$Z_k(z) = C_1 \cos(\lambda_k z) + C_2 \sin(\lambda_k z). \quad (6)$$

Из граничных условий следует:

$$\begin{aligned} C_1 &= 0, C_2 = 1; \text{ ГрУ} = \{1; 2\}; \\ C_1 &= 1, C_2 = 0; \text{ ГрУ} = 3. \end{aligned} \quad (7)$$

Решение составляющей по времени можно представить в виде:

$$T_k^i = T_k^i = T_{k\infty}^i + (T_{k0}^i - T_{k\infty}^i) e^{-\beta_k(t - t_{0i})}, \quad (8)$$

где для интервалов времени $[t_{i-1}, t_i]$, $i = \{1, 2, 3, 4\}$ ($t_0 = 0, t_4 = t_k$):

$$T_{k\infty}^i = \begin{cases} T_{k\infty}^i & i = \{1; 3\} \\ 0 & i = \{2; 4\}, \end{cases} \quad (9)$$

$$T_{k0}^i = T_k^{i-1}(t_{0i}), T_{k0}^1 = 0. \quad (10)$$

$$T_{k\infty}^i = \frac{V_k}{\beta_k}, \beta_k = c_V \lambda_k, \quad (11)$$

$$t_{0i} = \begin{cases} 0, & i = 1 \\ t_1, & i = 2 \\ t_2, & i = 3 \\ t_3, & i = 4. \end{cases} \quad (12)$$

$$\lambda_k = \frac{1}{h_\phi} \begin{cases} \pi k, & \text{ГрУ} = 1; \\ \pi k - \pi/2, & \text{ГрУ} = 2; \\ \pi(k-1) - \pi/2, & \text{ГрУ} = 3. \end{cases} \quad (13)$$

$$V_k = \frac{2VN_k}{\pi K_k}. \quad (14)$$

$$N_k = \begin{cases} 1 - (-1)^k, & i = 1 \\ 1, & i = \{2; 3\}. \end{cases} \quad (15)$$

$$K_k = \begin{cases} k, & \text{ГрУ} = 1; \\ k + 1/2, & \text{ГрУ} = 2; \\ k + 1/2, \text{ (замена } z \text{ на } h - z), & \text{ГрУ} = 3. \end{cases} \quad (16)$$

Численным моделированием установлена достаточность $n = 8$ для обеспечения относительной погрешности порового давления ($p(z, t)$) меньше 10-3.

Решение для степени фильтрационной консолидации ($U(t)$).

Степень консолидации определяется по отношению отклонения суммарного по слою порового давления воды от квазистатического (общего):

$$U(t) = 1 - (p_{\Sigma}(t)) / (q_{\Sigma}(t)), \quad (17)$$

где:

$$P_{\Sigma}(t) = \int_0^{h_k} p(z, t) dz = \sum_k \int_0^{h_k} Z_k(z) dz \cdot T_k^i(t) = \sum_k Z_{k\Sigma} T_k^i(t) = \frac{h_k}{\pi} \sum_k \frac{N_k}{K_k} T_k^i(t). \quad (18)$$

$$q_{\Sigma}(t) = \begin{cases} V \cdot t, & t \in [0; t_1]; \\ V \cdot t_1, & t \in [t_1; t_2]; \\ V \cdot (t - t_2), & t \in [t_2; t_3]; \\ V \cdot (t_3 - t_2), & t \in [t_3; t_k]; \end{cases} \quad (19)$$

V — скорость нагружения, i — номер интервала.

Решение для времени фильтрационной консолидации (t_f)

Время фильтрационной консолидации определяется по аппроксимирующей зависимости степени фильтрационной консолидации от времени после окончания отсыпки отвала (4-й интервал, $t = t - t_3$) (рис. 2).

Отклонение степени фильтрационной консолидации от 1 (полная консолидация) можно представить в виде

$$1 - U(t) = U_0 e^{-t/T_U}, \quad (20)$$

в котором параметры U_0 и T_U можно определить значениями U_1 , U_2 и U_3 для 3-х моментов времени — $t_1' = 0$, $t_2' = t_3'/2$ и $t_3' \approx 1800$ суток:

$$U_0 = (1 - U_1), \quad (21)$$

$$T_{U1} = t_2' \ln U_0 / (1 - U_1), \quad i = \{2; 3\}, \quad (10)$$

$$T_U = (T_{U2} + T_{U3}) / 2. \quad (11)$$

тогда

$$t_k = T_U \ln \frac{U_0}{\varepsilon_t}, \quad (22)$$

где $\varepsilon_t = 1 - U(t_k)$ — заданное отклонение $U(t)$ от 1.

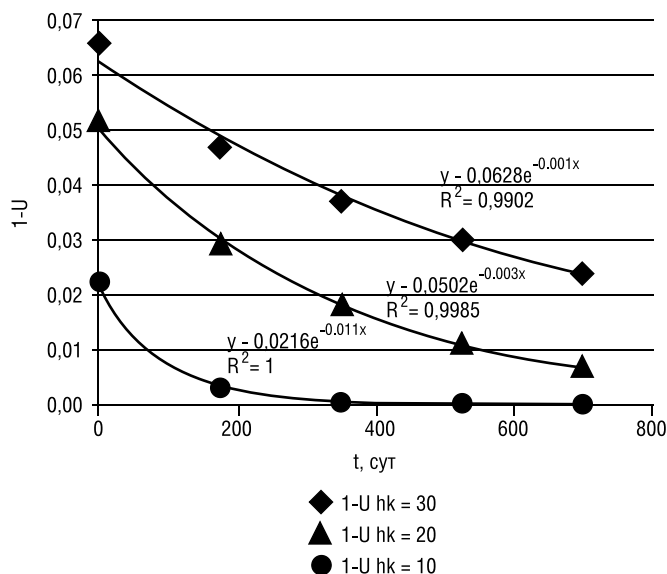


Рис. 2. Пример аппроксимирующих зависимостей степени фильтрационной консолидации для конечной высоты яруса отвала (h_k), равной 10, 20 и 30 м./ Fig. 2. An example of approximating dependences of the degree of filtration consolidation for the final height of the rock heap tier (h_k) equal to 10, 20 and 30 m.

Примеры результатов расчета

Ниже представлены результаты применения разработанного алгоритма оценки степени фильтрационной консолидации ($U(t)$), порового давления ($p(z, t)$) для некоторого принятого основания отвала (таблица 1) для различной его высоты и стадий отсыпки (расчетные задачи 1 и 2).

Далее приняты обозначения: $t_2 = t_1 + dt_2$, $t_3 = t_2 + dt_3$; dt_2 — интервал времени отстоя ($V = 0$); dt_3 — интервал времени второго этапа отсыпки ($V \leq 0$); dt_k — конечный расчётный интервал времени

Расчетная задача 1. Одностадийная отсыпка яруса (время отсыпки 2 года, конечная высота яруса $h_k = 20$ м)

На рисунках 3 и 4 приведены графики, показывающие характер изменения порового давления по времени одностадийной отсыпки яруса и глубине фильтрующегося слоя при заданных исходных данных. По мере увеличения времени отсыпки наблюдается логарифмический рост порового давления с глубиной. Так, например, на 90 сутки при принятых исходных условиях поровое давление на глубине 5 м состав-

Таблица 1 / Table 1

Технические характеристики газового хроматомасс-спектрометра GCMS-QP2020 / Technical characteristics of the gas chromatomass spectrometer GCMS-QP2020.

Начальное давление (q_0) / Initial pressure	Объемный вес исходного грунта насыпной массы (γ) / Volumetric weight of the initial soil of the bulk mass	Коэффициент разрыхления (k_p) / Loosening coefficient	Объемный вес насыпной массы (γ_n) / Volumetric weight of bulk mass	Мощность слоя фильтрационной консолидации (h_{kf}) / thickness of the filtration consolidation layer	Коэффициент фильтрации (k_f) / permeability coefficient	
т/м ²	т/м ³		т/м ³	м	м/сут	
0	1.8	1.2	1.5	20	4.3×10^{-4}	
Коэффициент относительной поперечной деформации (μ_0) / Relative transverse strain coefficient	Модуль общей деформации (E_0) / total strain modulus	Коэффициент поперечной деформации (β) / Transverse strain coefficient	Коэффициент относительной сжимаемости (m_v) / Relative compressibility coefficient	Коэффициент консолидации (C_v) / coefficient of consolidation	Объемный вес воды (γ_w) / Volumetric weight of water	Граничные условия (ГрУ) / Border conditions
	МПа		м ² /т	м ² /сут	т/м ³	
0.13	20	0.96	4.8×10^{-4}	0.9	1	2

ляет 2 т/м^2 , а на глубине 20 м — практически в два раза выше (рис. 1). Таким образом, на основе данных графиков можно определить величину порового давления на любой глубине основания в зависимости от времени отсыпки с последующим учетом в геомеханических расчетах отвалов на слабом глинистом основании.

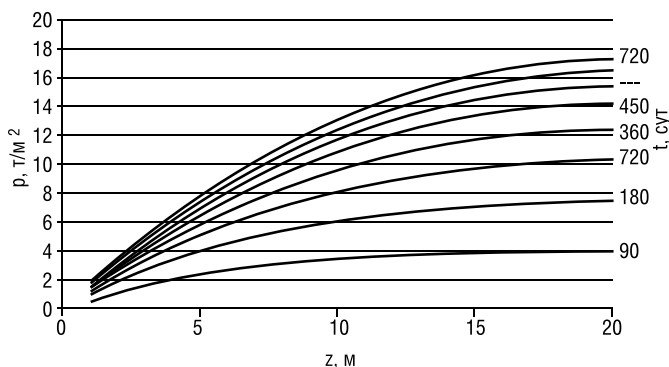


Рис. 3. Изменение порового давления по глубине для разных моментов времени отсыпки / Fig. 3. Change in porewater pressure with depth for different time points of dumping.

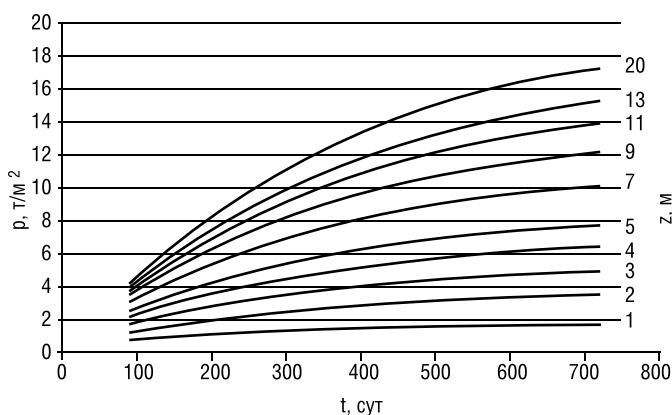


Рис. 4. Изменение порового давления по времени отсыпки на разной глубине фильтрующего слоя / Fig. 4. Change in porewater pressure over the time of dumping at different depths of the filtered layer.

Расчетная задача 2. трехстадийная отсыпка яруса

Вариант 1. Время отсыпки яруса 2 года

На рисунке 5 приведен совмещенный график изменения порового давления по глубине и времени в зависимости от высоты яруса для заданных условий основания. На графике видно, что с увеличением высоты отвала наблюдается рост порового давления во времени по всей глубине расчетного основания. После прекращения отсыпки первого 15 м яруса поровое давление не растет и со временем снижается, при этом после возобновления отсыпки и формирования конечной высоты отвала (в примере 30 м) поровое давление на конкретной глубине достигает примерно такой же вели-

чины, как и на первой стадии, что позволяет обосновать интервалы отсыпки и простоя для обеспечения допустимого порового давления.

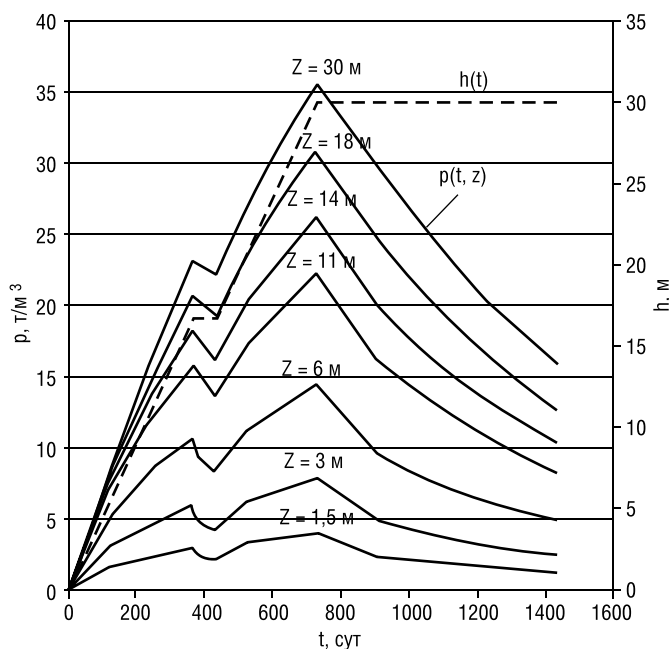


Рис. 5. Совмещённый график изменения порового давления по глубине и времени от высоты яруса при его конечной высоте (h_k) 30 м / Fig. 5. Combined graph of porewater pressure change in depth and time from the height of the tier at its final height (h_k) 30 m.

На рисунке 6 приведен совмещенный график изменения степени фильтрационной консолидации и высоты яруса по времени для различной конечной высоты яруса для задан-

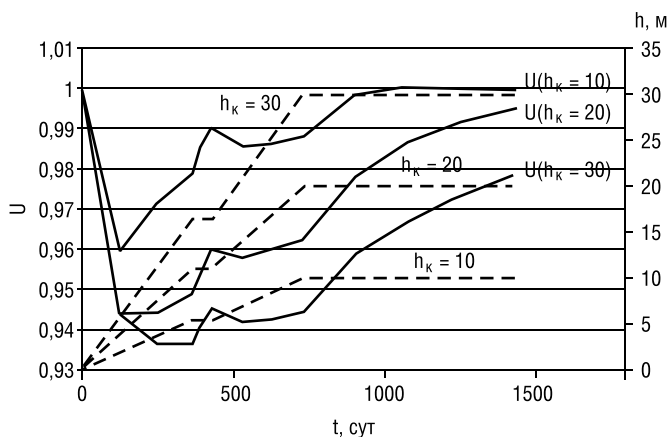


Рис. 6. Совмещённый график изменения степени фильтрационной консолидации и высоты яруса по времени при конечной высоте яруса (h_k) 10, 20 и 30 м / Fig. 6. Combined graph of changes in the degree of filtration consolidation and layer height over time at a final layer height (h_k) of 10, 20 and 30 m

Таблица 2 / Table 2

Исходные данные по времени интервалов отсыпки ярусов / Initial data on the time of the intervals of tiers dumping.

Время (t) / Time	t_1	dt_2	dt_3	dt_k	t_2	t_3	t_k
сут	365	65	300	700	430	730	1430
мес	12.2	2.2	10.0	23.3	14.3	24.3	47.7
год	1.0	0.2	0.8	1.9	1.2	2.0	3.9

ных условий основания. График показывает, что при заданных исходных данных, например, при высоте яруса 30 м при его 2-х стадийном формировании степень фильтрационной консолидации через два года после отсыпки достигает 0,95 (95%). При высоте яруса 10 м через два года после начала отсыпки происходит почти полная фильтрационная консолидация основания (100%).

Вариант 2. Время отсыпки яруса 1 год.

Приведенные графики (рис. 7-8) показывают характер изменения порового давления по времени 3-х стадийной отсыпки яруса и глубине фильтрующегося слоя.

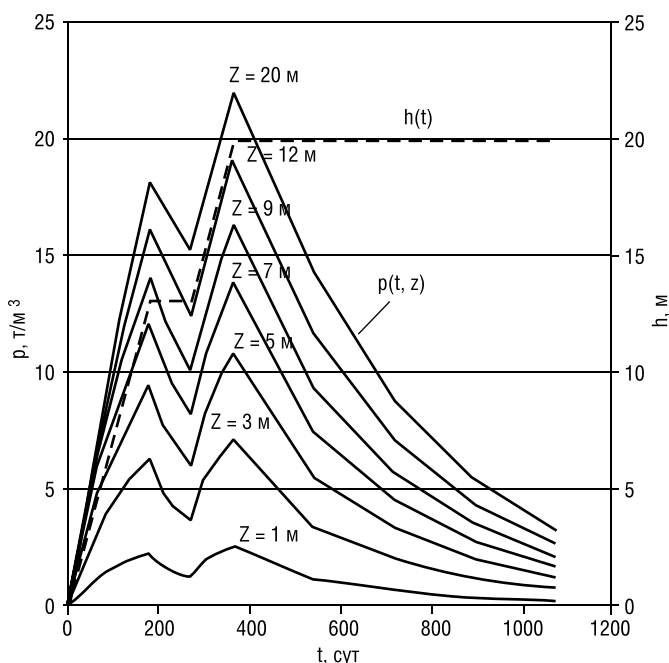


Рис. 7. Совмещённый график изменения порового давления по глубине и времени от высоты яруса при его конечной высоте (h_k) 20 м / Fig. 7. Combined graph of change in pore pressure with respect to depth and time from the height of the tier at its final height (h_k) of 20 m.

Выводы:

1. При формировании отвалов на слабом глинистом основании, а также если отвал отсыпается связными дисперсными породами или скальными породами с содержанием глинистого заполнителя 30% необходимо при оценке устойчи-

Таблица 3 / Table 3

Исходные данные по времени интервалов отсыпки ярусов / Initial data on the time intervals for dumping the tiers.

Время (t) / Time	t_1	dt_2	dt_3	dt_k	t_2	t_3	t_k
мес	6.0	3.0	3.2	23.3	9.0	12.2	35.5
год	0.5	0.2	0.3	1.9	0.7	1.0	2.9
сут	180	90	95	700	270	365	1065

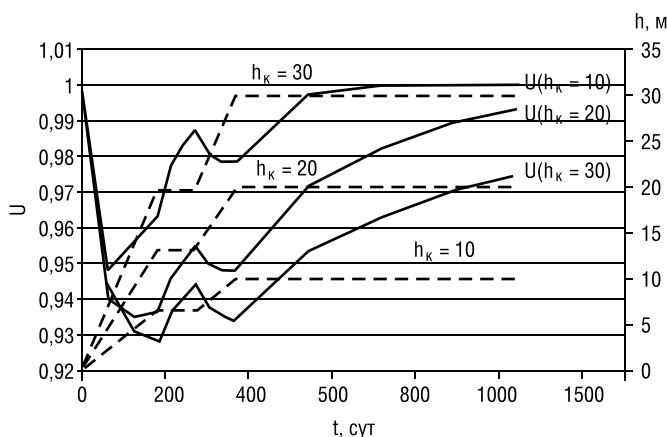


Рис. 8. Совмещённый график изменения степени фильтрационной консолидации и высоты яруса по времени при конечной высоте яруса (h_k) 10, 20 и 30 м / Fig. 8. Combined graph of changes in the degree of filtration consolidation and layer height over time at a final layer height (h_k) of 10, 20 and 30 m.

чивости откосов учитывать поровое давление, возникающее в массиве пород за счет развития процессов фильтрационной и деформационной консолидации.

2. В работе разработано аналитическое решения, представлены графики и зависимости, демонстрирующие возможность его применения для учета порового давления и фильтрационной консолидации при отсыпке ярусов.

3. Использование полученных математических решений позволяет оптимизировать скорость и интервалы времени отсыпки при решении задачи оценки устойчивости отвалов при заданных нормативном коэффициенте запаса устойчивости и зависимости сдвиговых свойств от степени фильтрационной консолидации. ■

ЛИТЕРАТУРА

- Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов. ФНИП, М., 2020.
- Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. Министерство угольной промышленности СССР, СПб.: ВНИИ, 1987.
- Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А., Закономерности формирования порового давления при гидроотвалообразовании и отсыпке «сухих» отвалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. №11. С. 212-220.
- Кутепов Ю.И., Васильева А.Д. Инженерно-геологические условия внешнего отвалообразования на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. №10. С. 122-131. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2017-10-0-122-131>
- Кутепов Ю. И., Кутепова Н. А., Мухина А. С., Мосейкин В. В. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы восстановления нарушенных земель при отвалообразовании на открытой угледобыче в Кузбассе // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 5. С. 5-24. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2022-5-0-5>
- Кутепов Ю. И., Кутепова Н. А., Васильева А. Д., Мухина А. С. Инженерно-геологические и экологические проблемы при эксплуатации и рекультивации высоких отвалов на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 8. С. 164-178. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-8-0-164>.

7. Кутепов Ю.И., Мухина А.С. Оценка влияния гидрогеомеханических процессов в техногенных массивах высоких отвалов на геоэкологические условия территории их размещения // Международный научно-технический журнал. №1 (9103) Часть 2. Январь 2021. С. 56-59. URL: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.103.1.034>
8. Гальперин А.М., Шафаренко Е.М. Реологические расчеты горнотехнических сооружений. - М.: Недра, 1977. 245 с.
9. Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. - М.: Изд-во МГГУ, 1997. 534 с.
10. Гальперин А.М., Мосейкин В.В., Пуневский С.А., Семенова Е.А. Проблемы геомеханики и инженерной геологии в техногенных массивах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. №1. С. 5-13. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-1-1-5-13>
11. Фоменко Н.Г. Обоснование параметров отвалных насыпей, размещаемых на гидроотвалах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. - №5. С. 401-405
12. Труфанов А.Н. Поровое давление в водоупорных слоях грунтов / Сб Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. 2019. С. 57-73.
13. Колмогоров А.В., Протодаконова Н.А. Численное решение задачи фильтрационной консолидации оттаивающего грунта с различными граничными условиями. Том 2. 2018 С. 327-332
14. Караблин М.М., Простов С.М. Учет пространственной изменчивости физико-механических свойств техногенного массива гидроотвала при отработке намывных отложений // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2021. №2. С. 34-42. URL: <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2021-2-34-42>
15. Жабко А.В., Волкоморова Н.В., Жабко Н.М. Расчет устойчивости отвалов на слабом наклонном основании // Известия Уральского государственного горного университета. - 2021. - Вып. 1 (61). - С. 87-101. URL: <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-1-87-101>
16. Караблин М.М., Простов С.М. Прогноз устойчивости техногенного грунтового массива, прилегающего к ликвидированному гидроотвалу // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. №5. С. 47-55. URL: <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-5-47-55>
17. Цитович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). Изд. 4-е. - М.: Высшая школа, 1983. - 288 с.
18. Мартинсон Л.К., Малов Ю.И. Математика в техническом университете. Выпуск XII. Дифференциальные уравнения математической физики. 2-е изд. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 367 с.
19. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т. 2. Деформация и устойчивость оснований сооружений. - 1961. 543 с.: ил.

REFERENCES

1. Rules for ensuring the stability of the sides and ledges of open pits, cuts and slopes of dumps. FNiP, M., 2020.
2. Guidelines for calculating the stability and bearing capacity of dumps. Ministry of the Coal Industry of the USSR, St. Petersburg: VNIMI, 1987.
3. Kutepov Yu.I., Kutepova N.A., Patterns of formation of pore pressure during hydraulic dumping and dumping of "dry" dumps // Mining Information and Analytical Bulletin. 2008. No. 11. pp. 212-220
4. Kutepov Yu.I., Vasil'eva A.D. Engineering-geological conditions of external wading formation in the Kuzbass open pits // Mining Information and Analytical Bulletin. 2017. No. 10. pp. 122-131 URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2017-10-0-122-131>
5. Kutepov Yu. I., Kutepova N. A., Mukhina A. S., Moseykin V. V. Engineering-geological and geoecological problems of restoration of disturbed lands during dumping at open-pit coal mining in Kuzbass // Mining Information and Analytical Bulletin. 2022. No. 5. P. 5-24. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2022-5-0-5>
6. Kutepov Yu. I., Kutepova N. A., Vasilyeva A. D., Mukhina A. S. Engineering-geological and environmental problems during the operation and reclamation of high dumps in the Kuzbass open pits // Mining Information and Analytical Bulletin. 2021. No. 8. P. 164-178. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-8-0-164>
7. Kutepov Yu.I., Mukhina A.S. Assessment of the influence of hydrogeomechanical processes in technogenic massifs of high dumps on the geoecological conditions of the territory of their location // International Scientific and Technical Journal. No. 1 (9103) Part 2. January 2021. P. 56-59. URL: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.103.1.034>
8. Galperin A.M., Shafarenko E.M. Rheological calculations of mining structures. - M.: Nedra, 1977. 245 p.
9. Galperin A.M., Ferster V., Chef Yu. Technogenic massifs and environmental protection. - M.: Publishing House of Moscow State University for the Humanities, 1997. 534 p.
10. Galperin A.M., Moseikin V.V., Punevskii S.A., Semenova E.A. Problems of geomechanics and engineering geology in technogenic massifs // Mining Information and Analytical Bulletin. 2018. No. 1. pp. 5-13. URL: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-1-1-5-13>
11. Fomenko N.G. Substantiation of the parameters of dump embankments placed on hydraulic dumps // Mining Information and Analytical Bulletin. 2015. - No. 5. pp. 401-405
12. Trufanov A.N. Porewater pressure in water-resistant soil layers / Sat Prospects for the development of engineering surveys in construction in the Russian Federation. Materials of the Fifteenth All-Russian Scientific and Practical Conference of Survey Organizations. 2019. S. 57-73.
13. Kolmogorov A.V., Protodyakonova N.A. Numerical solution of the problem of filtration consolidation of thawing soil with different boundary conditions. Volume 2. 2018 S. 327-332
14. Karablin M.M., Prostov S.M. Accounting for the spatial variability of the physical and mechanical properties of the technogenic massif of the hydraulic dump during the development of alluvial deposits. Izvestiya of higher educational institutions. Mining magazine. 2021. №2. pp. 34-42. URL: <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2021-2-34-42>
15. Zhabko A.V., Volkomorova N.V., Zhabko N.M. Calculation of the stability of dumps on a weak inclined base // Bulletin of the Ural State Mining University. - 2021. - Issue. 1 (61). - S. 87-101. URL: <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-1-87-101>
16. Karablin M.M., Prostov S.M. Forecast of the stability of a man-made soil massif adjacent to a liquidated hydraulic dump // Izvestiya of higher educational institutions. Mining magazine. 2020. №5. pp. 47-55. URL: <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-5-47-55>

17. Tsitovich N.A. Soil mechanics (short course). Ed. 4th. - М. : Higher school, 1983. - 288 p.
18. Martinson L.K., Malov Yu.I. Mathematics at the Technical University. Issue XII. Differential Equations of Mathematical Physics. 2nd ed. - М. : MSTU im. N.E. Bauman, 2002. 367 p.
19. Florin V.A. Fundamentals of soil mechanics. T. 2. Deformation and stability of the foundations of structures. - 1961. 543 p. : ill.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Яницкий Евгений Брониславович:
кандидат географических наук,
заместитель генерального директора,
ОАО «ВЮГЕМ», г. Белгород, Россия,
e-mail: yanez@geomix.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yanitsky E.B.:
Candidate of Geographical Sciences,
Deputy General Director,
OJSC «VIOGEM», Belgorod, Russia,
e-mail: yanez@geomix.ru



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

Информируем Вас

Свою непосредственную историю Губкинский университет ведет от нефтяного факультета Московской Горной Академии, созданной по Декрету ВСНХ от 4 сентября 1918 г. В 1920 г. на должность профессора Академии был принят Иван Михайлович Губкин, а в 1922 г. он стал ее ректором. За 20-е гг. им было приложено много сил для начала формирования в стенах Академии высшего нефтяного образования.

В конце 20-х гг., когда страна вступила в период форсированной индустриализации, возникла острая потребность нефтяной промышленности в квалифицированных кадрах. В связи с этим 17 апреля 1930 г. Президиумом ВСНХ было принято решение расформировать Московскую Горную Академию имени т. Сталина и на ее основе создать шесть высших технических учебных заведений, в том числе – Московский нефтяной институт. Учитывая огромные заслуги академика Губкина в деле организации высшей школы по подготовке кадров для нефтяной промышленности, институту было присвоено имя Ивана Михайловича Губкина, а сам он был назначен первым его директором.

Факультеты:

- ◆ Факультет геологии и геофизики нефти и газа,
- ◆ Факультет разработки нефтяных и газовых месторождений,
- ◆ Факультет проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта,
- ◆ Факультет инженерной механики,
- ◆ Факультет химической технологии и экологии, и др.

Контакты : 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1
+7 (499) 507-88-88
com@gubkin.ru




WWW.N-GN.RU