

СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА БЕРЕГОВЫХ ОТВАЛАХ ИЗ БРОСОВЫХ ГРУНТОВ МОРСКОГО ДНОУГЛУБЛЕНИЯ

Ежегодный объём дноуглубительных работ на объектах Минморфлота Украины составляет десятки миллионов кубометров извлекаемых грунтов, из которых 70% классифицируются как бросовые (илистые) грунты.

В соответствии с требованиями действующих в настоящее время нормативных документов на дампинг, разрабатываемые при дноуглублении грунты необходимо транспортировать на глубоководные свалки со значительным удалением от объектов дноуглубления. Это обуславливает существенное увеличение стоимости дноуглубительных работ при обеспечении необходимых по условиям безопасности мореплавания глубин на подходных каналах и акваториях морских портов Украины. Также, следует отметить, что даже при выполнении указанных требований (дампинг на глубоководье), загрязнение водоёмов сохраняет своё негативное влияние. Этим обусловлены расходы заказчика (при проведении дноуглубительных работ) на компенсационное возмещение ущерба, наносимого рыбному хозяйству, величина которого на Черноморско-Азовском бассейне значительна.

Одним из возможных путей решения этой проблемы является применение технологии производства дноуглубительных работ с укладкой разрабатываемых грунтов в береговые отвалы. Возможны следующие две основные схемы образования береговых гидроотвалов:

- намыв берегового отвала на полную проектную мощность;
- намыв слоями с песчаными (дренирующими) прослоями между ними.

В дальнейшем гидроотвалы, образованные по первой схеме, подлежат, как правило, утилизации, т.е. их последующее использование для промышленных или коммунальных потребностей проблематично. Гидроотвалы, образованные по второй схеме, требуют проведения мероприятий технической мелиорации для освоения и создания на них полезных искусственных территорий.

В настоящей статье излагаются вопросы проектирования искусственных территорий на береговых гидроотвалах, образованных из илистых грунтов морского дноуглубления по второй схеме. При этом, в качестве мероприятий по технической мелиорации массива намывных грунтов рассматривается способ их искусственного уплотнения огрузочной насыпью.

Основной отличительной особенностью намывных грунтов от естественных при прогнозировании их свойств является отсутствие начальных характеристик (на момент окончания намыва), поскольку гидроотвал ещё не создан. Поэтому на стадии разработки предварительного проекта освоения искусственной территории возникает необходимость в прогнозе этих характеристик, оценке изменения их во времени в процессе уплотнения намывных грунтов под весом нагружающей насыпи.

Ниже приведена методика определения основных параметров (величины уплотняющей нагрузки p и времени t её действия) рассматриваемого способа создания искусственных территорий на береговых гидроотвалах из илистых грунтов морского дноуглубления. В основу указанной методики положена следующая экспериментально установленная [1] зависимость:

$$\tau_t = \tau_n^{(1-\bar{Q}_t)} \cdot \tau_k^{\bar{Q}_t} \quad (1)$$

где τ_t – сопротивление сдвигу намывных грунтов на момент времени t уплотнения их под заданной нагрузкой p ;

τ_n и τ_k – соответственно начальное (на момент окончания намыва) и конечное (на момент стабилизации процесса уплотнения под нагрузкой p) значения сопротивления сдвигу;

\bar{Q}_t – средняя степень консолидации слоя намывных грунтов мощностью H за время t , определяемая по известному [2] решению одномерной задачи теории фильтрационной консолидации.

При отсутствии опытных данных значения τ_n и τ_k для предварительных расчётов рекомендуется определять по следующим зависимостям [3]:

$$\tau_n = 0,007(1,86 - w_L), \text{ МПа}; \quad (2)$$

$$\tau_k = 0,25 \ln(w_L / 0,13) \cdot p^m, \text{ МПа}, \quad (3)$$

где w_L – влажность на границе текучести разрабатываемого грунта;

$$m = 0,37 \ln(w_L / 0,093). \quad (4)$$

Приравняв в формуле (1) левую часть величине сопротивления сдвигу τ_u , соответствующую требуемой несущей способности создаваемой искусственной территории F_u при $\varphi = 0$ и $c = \tau_u$, т.е. $\tau_t = \tau_u = F_u / (2 + \pi)$ [4], с учётом (3) определим необходимую величину уплотняющей нагрузки p из следующего выражения:

$$p = \sqrt[m]{\frac{4}{\ln(w_L / 0,13)} \left[\frac{F_u / (2 + \pi)}{\tau_n^{(1-\bar{Q}_t)}} \right]^{(1-\bar{Q}_t)}}. \quad (5)$$

На рис. 1, 2 приведены результаты расчетов, выполненные с использованием выражений (2), (4) и (5) для гидроотвалов с мощностями намыва $H = 2,0$ и $4,0$ м, образованных из ила суглинистого (рис. 1) и ила глинистого (рис. 2), при двух заданных значениях требуемой несущей способности искусственной тер-

ритории $F_u = 5,0$ и $10,0$ тс/м² и следующих исходных данных намывных грунтов:

- ил суглинистый $w_L = 0,41$ и $c_v = 0,22$ м²/мес.;
- ил глинистый $w_L = 0,62$ и $c_v = 0,06$ м²/мес.

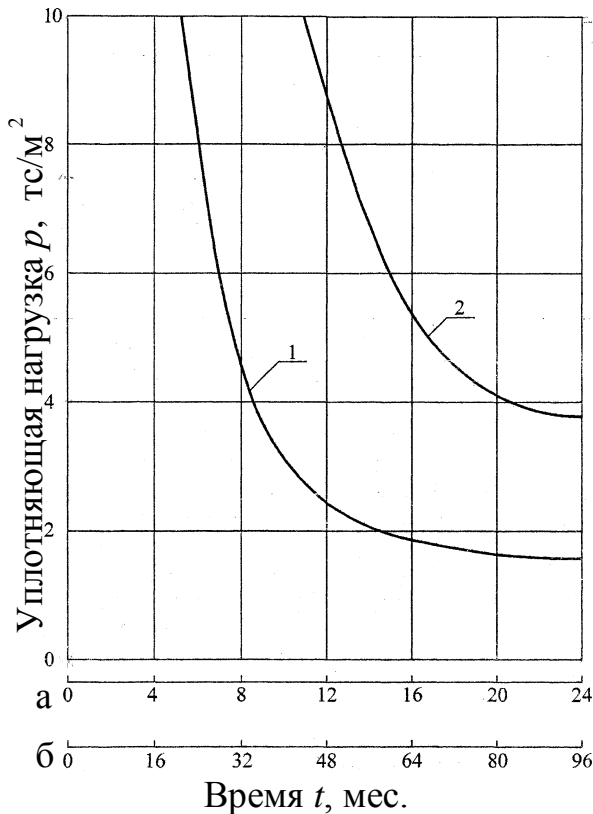


Рис. 1. Зависимость $p - t$ для ила суглинистого:

- а – мощность уплотняемого слоя грунта $H = 2,0$ м; б – мощность уплотняемого слоя грунта $H = 4,0$ м; 1 – $F_u = 5,0$ тс/м²;
- 2 – $F_u = 10,0$ тс/м²

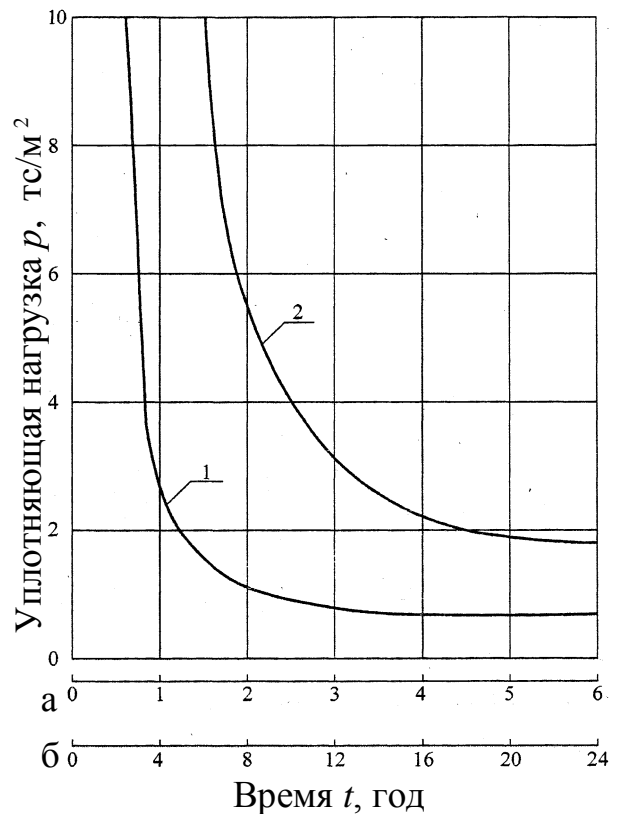


Рис. 2. Зависимость $p - t$ для ила глинистого:

- а – мощность уплотняемого слоя грунта $H = 2,0$ м; б – мощность уплотняемого слоя грунта $H = 4,0$ м; 1 – $F_u = 5,0$ тс/м²;
- 2 – $F_u = 10,0$ тс/м²

Как следует из указанных рисунков, при одном и том же заданном значении требуемой несущей способности F_u создаваемой искусственной территории возможны различные варианты организации работ по технической мелиорации береговых гидроотвалов в зависимости от того, какой из двух факторов (p или t) является лимитирующим в каждом конкретном случае. При использовании береговых гидроотвалов в качестве оснований портовых территорий таким фактором, очевидно, будет являться время t уплотнения намывных грунтов, определяемое планом строительства береговых объектов порта. В этом случае время уплотнения t задано, а искомой остаётся величина огрузки $p = \rho_{нас} \cdot h_{нас}$ (где $\rho_{нас}$ и $h_{нас}$ – соответственно плотность грунта и высота огружающей насыпи).

Таким образом, полученная расчётная зависимость (5) и основанная на ней методика определения основных параметров предпостроечного уплотнения (p и t) позволяют проектировать искусственные территории требуемой несущей способности (F_u) на береговых гидроотвалах из грунтов дноуглубления.

Одним из важных вопросов проектирования искусственных территорий на намывных глинистых грунтах является определение времени проведения мероприятий по их инженерной подготовке, которое в общем случае, кроме времени $t_{упл}$ собственно уплотнения под постоянной расчётной нагрузкой p_0 включает и время $t_{огр}$ создания огружающей насыпи.

Ниже на основании использования полученной экспериментальной зависимости (1) приведена методика определения времени наращивания уплотняющей нагрузки $t_{огр}$ ступенями заданной интенсивности Δp_i при условии недопустимости выпора слабого глинистого грунта из-под создаваемой на его поверхности огружающей насыпи.

В рассматриваемом случае указанное условие принимает следующий вид:

$$\Delta p_{i+1} \leq F_{u_{\Delta t_i}} \quad (6)$$

где $F_{u_{\Delta t_i}}$ – несущая способность искусственного основания после уплотнения его под нагрузкой Δp_i в течение времени Δt_i .

Таким образом, для выполнения условия (6) необходимо, чтобы каждая последующая ступень нагрузки от веса огружающей насыпи не превышала несущую способность искусственного основания из намывных глинистых грунтов после их уплотнения под действием предыдущей ступени огрузки в течение определённого времени.

Согласно предлагаемой методике, время $t_{огр}$ создания огружающей насыпи определяется как сумма времени Δt_i действия всех заданных ступеней Δp_i уплотняющей нагрузки, удовлетворяющих условию (6).

Определение времени $t_{огр}$ производится в следующем порядке:

а) определяется время Δt_1 действия первой ступени уплотняющей нагрузки $\Delta p_1 = F_{u_1} = (2 + \pi)\tau_{н_1}$, в течение которого несущая способность искусственного основания достигнет требуемой величины $F_{u_{\Delta t_1}} = \Delta p_2$:

$$\Delta t_1 = H^2 \cdot T_{\Delta t_1} / C_v, \quad (7)$$

где $T_{\Delta t_1}$ – фактор времени, определяемый по соответствующим [2] графикам или таблицам в зависимости от величины средней степени $\bar{Q}_{\Delta t_1}$ консолидации толщи H намывных грунтов за время Δt_1 , определяемой по формуле [1]:

$$\bar{Q}_{\Delta t_1} = \frac{\ln(\tau_{\Delta t_1} / \tau_{n_1})}{\ln(\tau_{\kappa_1} / \tau_{n_1})}, \quad (8)$$

где $\tau_{\Delta t_1} = F_{u_{\Delta t_1}} / (2 + \pi)$, τ_{n_1} и τ_{κ_1} – соответственно начальная и конечная прочность на момент времени Δt_1 , определяемые по формулам (2) – (4) при Δp_1 .

б) с использованием выражений (7) и (8) определяется время Δt_2 действия второй заданной ступени Δp_2 нагрузки от веса огружающей насыпи, в течение которого несущая способность искусственного основания достигнет требуемой величины $F_{u_{\Delta t_2}} = \Delta p_3$. При этом величины начальной τ_{n_2} , конечной τ_{κ_2} и прочности уплотняемых грунтов $\tau_{\Delta t_2}$, соответствующей времени Δt_2 , принимаются равными:

$$\tau_{n_2} = \tau_{\Delta t_1}; \quad \tau_{\kappa_2} = 0,25 \ln(w_L / 0,13) \Delta p_2^m \quad \text{и} \quad \tau_{\Delta t_2} = F_{u_{\Delta t_2}} / (2 + \pi) = \Delta p_3 / (2 + \pi).$$

Определение времени действия всех последующих ступеней уплотняющей нагрузки производится в порядке, изложенном выше при соответствующих значениях τ_{n_i} , τ_{κ_i} и $\tau_{\Delta t_i}$. Время создания огружающей насыпи $t_{опр} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$, где n – количество ступеней уплотняющей нагрузки Δp_i .

В заключение следует отметить, что учитывая реальные значения начальной прочности ($\tau_n \leq 0,005$ МПа) намывных илистых грунтов, уплотнение их во многих практических случаях целесообразно производить в сочетании с естественной сушкой в тёплое время года. При этом образуется верхний обезвоженный слой грунта мощностью 0,2 – 0,3 м, прочность которого обеспечивает безопасное передвижение людей и техники на гусеничном ходу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Развитие теории уплотнения береговых гидроотвалов из бросовых грунтов дноуглубления с целью их утилизации в искусственные территории. Отчёт НИР (промежуточный). / Одесская государственная академия строительства и архитектуры. №44; – Одесса, 1995 – 33 с.
2. Цытович Н.А., Зарецкий Ю.К. и др. Прогноз скорости осадок оснований сооружений. – М.: Стройиздат, 1967 – 238 с.
3. Шпиков А.Б., Свертилов А.А. К вопросу рационального использования грунтов дноуглубления: Сб. науч. трудов – Новочеркасск, 1985 – с. 139-144.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): Учебник для строит. ВУЗов – 4-е изд., переработ. и дополн. – М.: Высш. шк., 1983 – 288 с.