

К вопросу об упрочнении песчаного намывного грунта

С.А. Федоров, М.В. Марьина

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация. Статья посвящена исследованию физико-механических характеристик намывных песчаных грунтов, находящихся в стадии упрочнения, для повышения эффективности освоения пойменно-намывных территорий под застройку после завершения процесса намыва. Исследования проводились на территории Хабаровского района, где толщина намывных слоев составляла 2,5–5,5 метра. Исследование позволило обосновать оптимальные сроки начала застройки на намывных территориях и разработать методику оценки механических свойств грунта, повышая надежность строительных решений.

Ключевые слова: намывной грунт, стадия диагенеза, карта намыва, пенетrometer, гранулометрический состав, шурф, зондировочная скважина, условное динамическое сопротивление грунта.

Намывные грунты относятся к категории искусственно отложенных грунтов, физико-механические характеристики которых приобретают свое стабилизированное значение только через определенный промежуток времени после намыва с затуханием диагенетических процессов (по аналогии с естественными геологическими осадками) [1, 2]. После окончания намыва в грунте сначала развивается процесс уплотнения, сопровождающийся уменьшением его влажности. В зависимости от содержания в осадке пылевато-илистых частиц и толщины слоя намыва этот процесс в основном заканчивается к исходу первого-второго месяца, после чего грунт упрочняется, а затем достигает стабилизированного состояния [3]. Таким образом, по диагенетическим признакам можно выделить три состояния намывного грунта: свеженамытый грунт (в возрасте до 0,1–0,4 года), намывной грунт в стадии упрочнения и собственно намывной грунт.

Для эффективного освоения пойменно-намывных территорий под застройку изучение механических свойств намывного грунта, находящегося в стадии упрочнения, очень важно по следующим причинам:

- для решения вопроса о минимально допустимом сроке начала передачи на него эксплуатационных нагрузок, что позволит сократить сроки

освоения пойменных территорий [4, 5];

- для разработки методов достоверного определения механических характеристик с учетом специфических свойств намывного грунта [6];
- характер протекания процесса и его влияние на механические свойства остаются недостаточно изученными [7].

В данной статье приводятся результаты комплексных многолетних исследований намывных песчаных грунтов в возрасте от 0,5 до 4,5 года, т. е., находящихся во второй стадии диагенеза. Исследования проводили методом динамического (установкой УБП-15М), статического (установкой ПБУ-2) зондирования, пенетрометром в шурфах, а также лабораторными методами испытаний [8, 9]. Исследовались намывные грунты в районе г. Хабаровска при толщине намыва 2,5–5,5 м. Карьерные грунты по средневзвешенному составу полезной толщи для разных участков карьера мало различались между собой, следовательно, намывной грунт на разных картах района по составу был практически одинаковым (коэффициент неоднородности $\eta = 2,5 - 3,1$; показатель состава $d_{50} \cdot d_{90} / d_{10} = 0,94 - 3$ мм).

Испытанию подвергались грунты опытной карты намыва периодически через 1 год, а также грунты других участков района, имеющие различный возраст. В каждой опытной точке проходили не менее трех зондировочных скважин, отрывалось по одному шурфу, в котором через 0,5 м грунт испытывали пенетрометром (конусом $\alpha = 30^\circ$) и через 1 м отбирались монолиты для лабораторных испытаний. Анализ гранулометрического состава позволяет отнести намывные грунты района к пескам мелким, содержащим иногда слои песка средней крупности, при значениях коэффициента пористости $e = 0,57 - 0,63$ и объемной массы скелета $\gamma_{СК} = 1,51 - 1,64$ г/см³. Сопротивление грунта зондированию принималось как среднее арифметическое значение из не менее шести измерений, при этом значение коэффициента вариации составляло 8–10 %.

Результаты испытания методом динамического зондирования приведены на рис. 1, из которого следует, что условное динамическое сопротивление грунта P_d изменяется с изменением возраста грунта. Оно интенсивно возрастает в период до 2–2,5 лет после окончания намыва с последующим постепенным переходом в стабилизированное состояние.

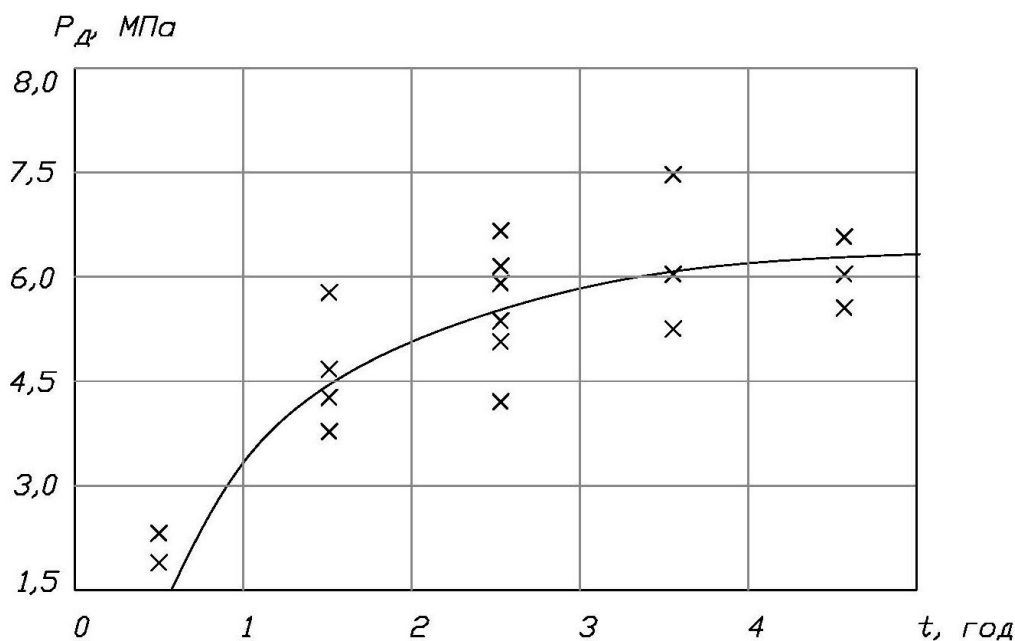


Рис. 1. – Характер изменения сопротивления динамическому зондированию

Поскольку уплотнение намывного грунта заканчивается к исходу первого-второго месяца намыва, то дальнейшее увеличение сопротивления грунта P_d обусловлено его упрочнением, т. е. развитием в нем вторичных (по Н. Я. Денисову [10]) структурных связей. Увеличение структурных связей подтверждено испытаниями грунта на пенетрацию, а именно (рис. 2):

- при неизменной величине коэффициента пористости с увеличением возраста грунта наблюдается все более совершенная инвариантность удельного сопротивления пенетрации;
- с увеличением возраста грунта растет численное значение R и

увеличивается отрезок P_O , отсекаемый на оси нагрузки P .

Характер зависимости $P_D = f(t)$ аппроксимируется уравнением вида:

$$P_D = V - \frac{W}{t} . \quad (1)$$

В формуле (1) величина V представляет собой стабилизированное значение P_D (МПа), к которому стремится его численная величина по мере роста t . Следует отметить, что величина V зависит от состава и плотности грунта и является постоянной при данном составе плотности.

Анализ формулы (1) позволил сделать вывод, что параметр W численно равен произведению скорости приращения прочности на квадрат "возраста" грунта. С достаточным для практических целей приближением при глинисто-песчаных карьерах Хабаровского района величину W можно принять постоянной.

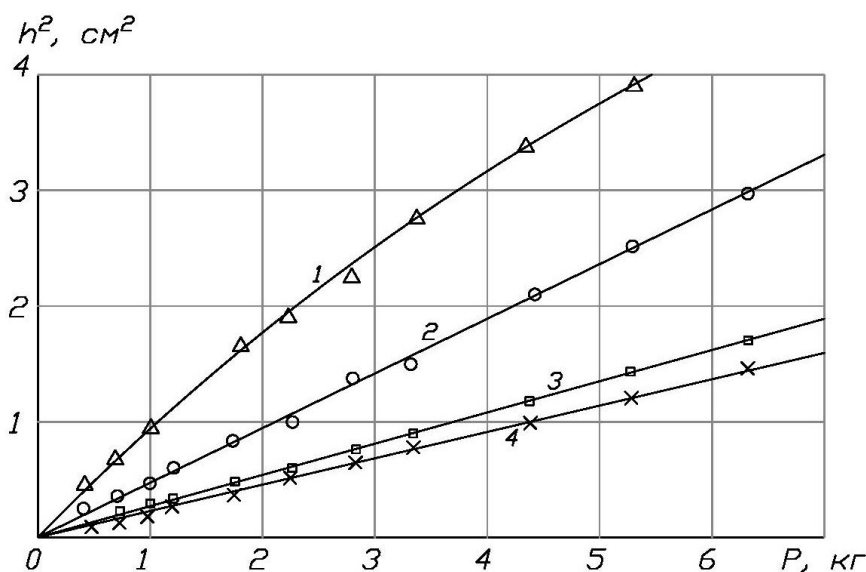


Рис. 2. – Изменение удельного сопротивления пенетрации намытого песчаного грунта в зависимости от его возраста
1 – свеженамытый грунт; 2 – $t = 1,5$ г.; 3 – $t = 3,5$ г.; 4 – $t = 4$ г.

Для некоторого конкретного состава и плотности грунта величины V и

W постоянны и для двух точек, различных во времени, можно записать выражения:

$$\left. \begin{aligned} P_{д,1} &= V - \frac{W}{t_1}; \\ P_{д,2} &= V - \frac{W}{t_2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Исключая V из системы (2), получим

$$P_{д,2} = P_{д,1} + \frac{W \cdot (t_2 - t_1)}{t_1 \cdot t_2}. \quad (3)$$

Таким образом, имея результаты зондирования $P_{д,1}$ в некоторый момент времени t_1 и используя формулу (3), можно рассчитать величину $P_{д,2}$ в любой момент времени t_2 . Проведенные исследования позволили обосновать для песчаных намывных грунтов величину $W = 4,1$ МПа·год, при этом формула (3) справедлива для $t > 0,6$ года.

Было установлено, что для песчаных намывных грунтов существует тесная связь между результатами динамического ($P_{д}$) и статического ($P_{с}$) зондирования в виде

$$P_{с} = 2 \cdot P_{д}$$

при коэффициенте корреляции $r = 0,94$.

Проведенные исследования позволили изучить характер упрочнения намывных песчаных грунтов, выявить закономерность изменения сопротивления зондированию в зависимости от возраста грунта, а также разработать методику прогноза величины этого сопротивления.

Литература

1. Blatt, H. Diagenetic processes in sandstones. SEPM Special Publication. 1979, №26, pp. 141-157.
2. Юшков Б.С., Сергеев А.С., Черепанова А.В. Намывные грунты и строительство автомобильных дорог на них // Актуальные направления

научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 8-3. С. 135-142.

3. Гейдт В.Д., Гейдт Л.В., Гейдт А.В. Разработка способов дренирования для устройства модифицированных оснований // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2020/6363.

4. Богатов Б.А., Шемет С.Ф. Исследование намывных техногенных грунтов с целью использования их в качестве основания инженерных сооружений // Горная механика. 2005. №3. С. 89-92.

5. Гейдт В.Д., Ашихмин О.В., Гейдт Л.В., Усова О.В. Определение возможности использования намывного грунта из озера Чёрное в городе Кургане в целях инженерной подготовки территории // Инженерный вестник Дона, 2024, №5 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2024/9237.

6. Юшкин В.Ф. Изменение прочностных параметров насыпных пород карьерного отвала под влиянием природно-климатических факторов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. Т. 2. № 4. С. 216-220.

7. Галкин А.Н., Павловский А.И., Шершнёв О.В. Техногенные намывные и насыпные грунты: свойства и особенности формирования // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий. Материалы I Международной научной конференции. Минск, 2020. С. 372-376.

8. Болдырев Г.Г. Испытания грунтов методом динамического зондирования. Часть III // Инженерные изыскания. 2011. № 1. С. 22-30.

9. Abu-Farsakh M.Y., Alshibli K., Nazzal M., Seyman E. Assessment of in situ test technology for construction control of base courses and embankments / Technical report № FHWA/LA.04/385. USA: Louisiana Transportation Research Center, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2001. 143 p.

10. Денисов Н.Я. Природа прочности и деформаций грунтов. М.:



Стройиздат, 1972. 280 с.

References

1. Blatt, H. Diagenetic processes in sandstones. SEPM Special Publication. 1979, №26, pp. 141-157.
2. Jushkov B.S., Sergeev A.S., Cherepanova A.V. Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2015. T. 3. № 8-3. pp. 135-142.
3. Gejdt V.D., Gejdt L.V., Gejdt A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2020/6363.
4. Bogatov B.A., Shemet S.F. Gornaja mehanika. 2005. №3. pp. 89-92.
5. Gejdt V.D., Ashihmin O.V., Gejdt L.V., Usova O.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №5. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2024/9237.
6. Jushkin V.F. Interjekspo Geo-Sibir'. 2021. T. 2. № 4. pp. 216-220.
7. Galkin A.N., Pavlovskij A.I., Shershnyov O.V. Problemy regional'noj geologii zapada Vostochno-Evropejskoj platformy i smezhnyh territorij. Materialy I Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Minsk, 2020. pp. 372-376.
8. Boldyrev G.G. Inzhenernye izyskanija. 2011. № 1. pp. 22-30.
9. Abu-Farsakh M.Y., Alshibli K., Nazzal M., Seyman E. Assessment of in situ test technology for construction control of base courses and embankments. Technical report № FHWA/LA.04/385. USA: Louisiana Transportation Research Center, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2001. 143 p.
10. Denisov N.Ja. Priroda prochnosti i deformacij gruntov [The nature of soil strength and deformation]. Moskva, 1972. 280 p.

Дата поступления: 12.05.2025

Дата публикации: 25.06.2025