

УДК 624.131

Л.В. Григорьева¹

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ШЕЛЬФОВЫХ ГРУНТОВ В РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ им. Ю. КОРЧАГИНА НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Изучены морские дисперсные грунты шельфа Северного Каспия. Определены показатели их деформационных свойств на примере месторождения им. Ю. Корчагина. Проведен анализ парных корреляций и установлена связь между модулями деформации, полученными в результате трехосных и компрессионных испытаний для разных типов грунтов.

Ключевые слова: шельфовые грунты, модуль деформации, коэффициент поперечной деформации, трехосные испытания.

Shallow-sea disperse soils from the shelf of the north part of the Caspian Sea have been extensively studied using various test methods. Deformation modulus and coefficient of transverse strain were determined by triaxial shear strength and compressibility tests. Empirical correlations were found for deformation modulus results from both test for different types of soils.

Key words: shelf soil, deformation modulus, coefficient of transverse strain, triaxial shear test.

Введение. В шельфовой зоне Северного Каспия в последнее десятилетие сложился относительно новый, динамичный и масштабный вид хозяйственной деятельности — морская добыча нефти и газа. Добыча углеводородов на российском шельфе только начинает развиваться и требует создания сложных уникальных инженерных сооружений для бурения скважин, добычи и транспортирования нефти и газа. Здесь достаточно часто проявляются различные опасные инженерно-геологические процессы, например оседание дна в результате отбора углеводородов и падения пластового давления и др. Опасны техногенная сейсмичность, вызванная добычей углеводородов, а также наличие слабых сильносжимаемых грунтов и газовых аномалий, отрицательно влияющих на устойчивость свайных оснований буровых платформ и других инженерных сооружений. Во избежание аварийных ситуаций необходимо знать инженерно-геологические условия, оценить и прогнозировать активность инженерно-геологических процессов, а также тщательно анализировать свойств грунтов шельфа.

Объекты исследования — грунты, отобранные с площадки строительства ледостойкой стационарной платформы на месторождении имени Ю. Корчагина в Северном Каспии. Участок расположен в 180 км от Астрахани. Его запасы оцениваются в 28,8 млн т нефти и 63,3 млрд м³ газа. Максимальный уровень добычи, как ожидается, составит 2,5 млн т нефти и 1 млрд м³ газа в год. Глубина моря около 10–13 м. В ходе инженерных изысканий изучали состав, строение, влажностные характеристики, а также физико-механические свойства грунтов. Исследовано более 80 образцов с глубины от 0,2 до 79,7 м.

Разрез выполнен четвертичными плейстоценовыми (древнекаспийскими) и голоценовыми (новокаспийскими) отложениями. Древнекаспийские

отложения представлены нижнехазарским, верхнехазарским и хвалынским ярусами. Толща представляет собой переслаивание глинистых и песчаных пород, иногда содержащих ракушку; смена условий осадконакопления маркируется по прослоям раковинного грунта.

Методика испытаний. Показатели деформационных свойств грунтов определяли по результатам трехосного и компрессионного сжатия. Все испытания проводились по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 12248-96. Трехосное сжатие выполнено на приборах СТ-70 в лаборатории изучения состава и свойств грунтов ИГЭ РАН методом консолидированно-дренированного сдвига. Объемные нагрузки рассчитывались в соответствии с глубиной залегания образца и природным давлением грунта на данной глубине. Для грунтов с глубины до 10 м объемная нагрузка (σ_3) составила 0,1 МПа, модуль деформации определяли в диапазоне нагрузок 0,1–0,2 МПа. Для глубины 10–25 м $\sigma_3=0,2\pm 0,3$ МПа, а диапазон нагрузок составляет 0,2–0,4 МПа; для глубины 25–50 м $\sigma_3=0,4\pm 0,5$ МПа, а диапазон нагрузок — 0,4–0,6 МПа; для глубины 50–70 м $\sigma_3=0,6$ МПа, а диапазон нагрузок — 0,6–0,8 МПа. Модуль деформации и коэффициент поперечной деформации рассчитан по результатам испытаний в соответствии с указаниями ГОСТ 12248-96. Компрессионные испытания проводили в одометрах, вертикальные нагрузки назначали с учетом природного давления грунта и веса сооружения. Модуль деформации определяли в том же диапазоне нагрузок, что и при трехосном сжатии.

Результаты экспериментальных исследований. В результате исследований были получены показатели деформационных свойств грунтов: модуль общей деформации и коэффициент поперечной деформации (таблица). Как известно, они зависят от внешних (величина нагрузок, время проведения испытания,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, аспирант, e-mail: ludagroryeva@gmail.ru

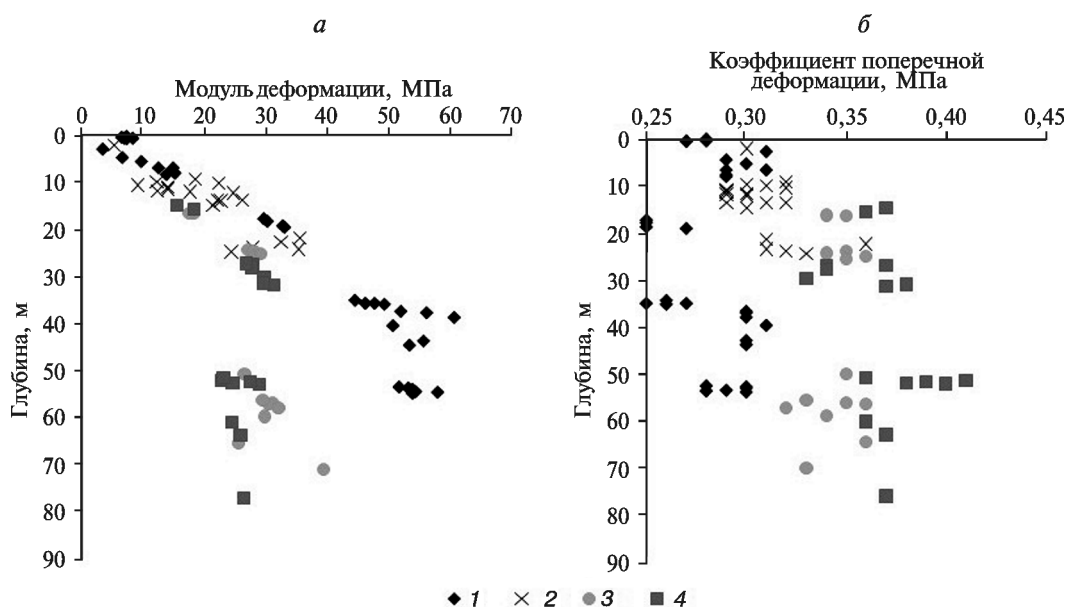


Рис. 1. Изменение деформационных показателей исследуемых грунтов с глубиной: а — модуля деформации; б — коэффициента поперечной деформации; 1 — пески водонасыщенные от пылеватых до гравелистых; 2 — супеси пластичные; 3 — суглинки тугопластичные и полутвердые; 4 — глины тугопластичные и полутвердые

температура и т.д.) и внутренних факторов (состав грунта, плотность его сложения, пористость, влажность и т.д.). Анализ полученных значений и коэффициента парной корреляции не выявил прямых взаимосвязей деформационных показателей морских шельфовых грунтов ни с каким отдельно взятым внутренним фактором.

Модуль деформации увеличивается с глубиной для всех грунтов (рис. 1), однако для песков и супесей эта зависимость выражена более четко, а для глин модуль деформации меняется незначительно, особенно с глубины 20 м. Возможно, это объясняется наличием на глубине 20 м достаточно мощного (более 4 м) выдержанного водонасыщенного слоя

раковинного грунта. Модуль деформации песков и супесей выше, чем у суглинков и глин, а коэффициент поперечной деформации, наоборот, ниже, что соответствует теоретическим представлениям о влиянии дисперсности на сжимаемость грунтов. Так, средние значения коэффициента Пуассона для песков разной крупности изменяются в пределах 0,27–0,30, для супесей варьируют от 0,30 до 0,33, для суглинков — от 0,32 до 0,36, а для глин — от 0,33 до 0,41.

В соответствии с ГОСТ 12248-96 при отсутствии экспериментальных данных коэффициент поперечной деформации допускается принимать (на практике так чаще всего и поступают) равным 0,30–0,35 для песков и супесей; 0,35–0,37 для суглинков; 0,38–0,45

Рекомендуемые значения показателей свойств дисперсных грунтов шельфа на месторождении им. Ю. Корчагина

Глубина, м	Геологический индекс	Наименование грунта (по ГОСТ 25100-95)	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона, д.е.
1–3	IIIhv	супеси песчаные текучие	1,99±0,05	24±3	4,3±1,0	0,30±0,01
3–8		пески пылеватые водонасыщенные	1,96±0,05	26±2	12,0±3,0	0,30±0,01
8–14		супеси пылеватые пластичные	1,94±0,04	27±2	18,2±6,0	0,29±0,01
14–16		суглинки тяжелые пылеватые мягкопластичные	1,90±0,05	32±5	17,3±1,0	0,34±0,02
16–20		пески крупные с ракушей водонасыщенные	2,01±0,01	24±1	31,4±1,5	0,26±0,01
20–23	IIIhz ₂	супеси песчаные пластичные	2,11±0,02	18±2	31,1±4,0	0,33±0,03
23–26		суглинки тяжелые пылеватые тугопластичные	2,03±0,03	24±4	28,0±1,0	0,35±0,01
26–34		глины легкие пылеватые полутвердые	1,84±0,07	39±5	28,8±2,0	0,36±0,02
34–50		пески пылеватые водонасыщенные	1,96±0,02	24±1	54,8±4,0	0,30±0,01
50–53		глины легкие пылеватые тугопластичные	1,92±0,03	30±3	25,5±3,0	0,36±0,02
53–55	IIIhz ₁	пески мелкие водонасыщенные	2,00±0,02	23±1	54,2±3,0	0,29±0,01
55–60		суглинки легкие песчаные полутвердые	2,06±0,03	21±3	30,5±1,5	0,34±0,02
60–80		глины легкие пылеватые полутвердые	1,98±0,05	25±4	27,9±3,5	0,35±0,02

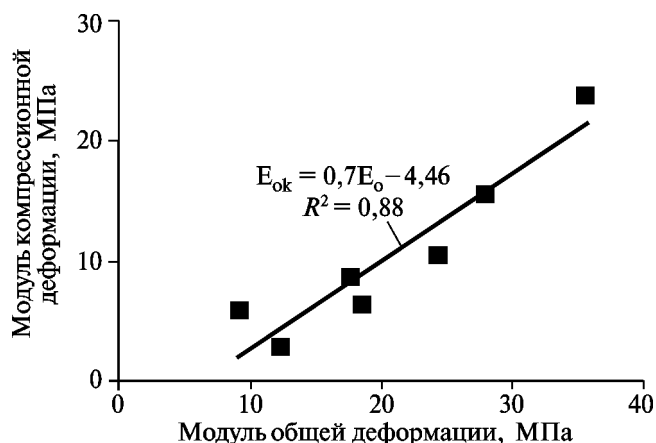


Рис. 2. Соотношение между модулями компрессионной и общей деформации, определенными в диапазоне нагрузок 0,2–0,4 МПа для супесей со степенью влажности более 0,5

для глин при $0,25 \leq I_L \leq 1,0$. Таким образом, для морских грунтов значения коэффициента поперечной деформации немного ниже, чем рекомендованные значения по ГОСТ 12248-96.

Корреляционный анализ результатов трехосного сжатия и компрессионных испытаний показал, что между модулем деформации (E_o) и модулем компрессионной деформации ($E_{ок}$) тесная связь. Так, для супесей пластичных со степенью влажности более 0,5 между показателями, определенными в диапазоне нагрузок 0,2–0,4 МПа, выявлена тесная связь (величина достоверности аппроксимации $R^2=0,88$), она соответствует уравнению $E_{ок}=0,73E_o-4,5$ (рис. 2). Для суглинков и глин между модулями деформации, определенными в диапазоне нагрузок 0,4–0,6 МПа,

установлена тесная связь ($R^2=0,86$), она описывается уравнением $E_{ок}=0,63E_o-9,3$, а для диапазона нагрузок 0,6–0,8 МПа связь весьма тесная ($R^2=0,92$) и отвечает зависимости $E_{ок}=1,123E_o-23,9$. Следовательно, на практике существуют зависимости между показателями, определенными в результате трехосного сжатия и компрессионных испытаний, однако, они различаются в зависимости от типов грунтов и величины нагрузок, а значит, возможна замена более трудоемких и дорогостоящих трехосных испытаний на более простые компрессионные в случае, если удастся определить корреляционное соотношение.

Выводы. 1. Значения модуля деформации для песков и супесей выше, чем для суглинков и глин. Сжимаемость несвязных грунтов происходит за счет уплотнения их зернистой структуры, а в связных грунтах — за счет изменения их текстуры и структуры. С повышением дисперсности сжимаемость грунтов увеличивается.

2. Средние значения коэффициента поперечной деформации для исследованных водонасыщенных морских грунтов ниже значений, рекомендованных ГОСТ 12248-96. Следовательно, при отсутствии экспериментальных данных для рассматриваемых грунтов нельзя брать для расчетов коэффициент поперечной деформации согласно ГОСТ.

3. Анализ коэффициента парной корреляции показал наличие тесных связей между показателями модуля деформации, определенными в результате трехосного сжатия и компрессионных испытаний, однако уравнения зависимости отличаются для разных типов грунтов и величин нагрузок.

Поступила в редакцию
24.05.2011