

Модули осадки верховых торфов

В.В. Крамаренко

Аннотация. В работе изложены результаты изучения деформационных свойств верховых торфов моховой, травяной и древесной групп, выявлены взаимосвязи между модулем осадки и коэффициентом пористости (влажностью) торфов при разных нагрузках для прогноза поведения торфяных грунтов под сооружениями.

Ключевые слова: торф, модуль осадки, корреляция характеристик.

Возрастающие темпы строительства нефтепромыслов на обширных заболоченных территориях Западной Сибири вызывают необходимость оценки деформационных свойств торфов и особое значение приобретает прогноз осадки оснований насыпей автомобильных и железных дорог, кустовых оснований и других сооружений. Возведение сооружений ведется в основном на междуречных пространствах, где преобладают верховые торфяные массивы.

Верховые торфа формируются из растительности олиготрофного типа, в условиях бедного минерального питания, чаще атмосферного с общей минерализацией вод до 20–30 мг/л, или за счет поверхностных вод с минерализацией до 40–60 мг/л. Для оценки свойств и состояния торфов используются классификации, где основными категориями являются: типы, которые выделяются по минерализации питающих залежей вод, подтипы — по степени увлажнения, группы — по содержанию в торфе остатков отдельных групп растений-торфообразователей, виды по сочетанию преобладающих остатков отдельных видов растений. В Западной Сибири преобладают топяные подтипы торфа, из видов — фускум, комплексный, магелланикум, ангустифолиум, сфагновый мочажинный, пушицево-сфагновый, шейхцерицево-сфагновый, часто встречается шейхцерицевый и пушицевый торф.

В статье приведены результаты работ, проведенных Сибирским научно-исследовательским институтом торфа и Томским политехническим университетом. Образцы верховых торфов отобраны на 9 месторождениях и безымянных болотных массивах. Объектами исследований стали наиболее представительные виды верхового торфа: сфагновый мочажинный,

пушицево-сфагновый, травяно-сфагновый, пушицевый, шейхцериевый, древесно-сфагновый, сосново-сфагновый, сосновый, кустарничковый, магелланикум, комплексный, фускум, ангустифолиум-торф. Согласно действующим нормативным документам [1–5] были определены: влажность (w), коэффициент пористости (e), зольность (D_{as}), кислотность (pH), ботанический состав и степень разложения (D_{dp}), а также модули осадки (E_s) верховых торфов.

Зольность торфа определялась в соответствии с требованиями ГОСТ 11306-83. Результаты показали, что в целом исследованные торфа являются нормальнозольными, так как значения D_{as} находятся в пределах от 0,8 до 16,1 %. Минимальная зольность отмечена у сфагновых видов, максимальная у древесных и древесно-сфагновых торфов, что обусловлено не только содержанием солей в самих растениях, но и их положением в разрезе залежи. Эти виды торфа чаще всего находятся в придонных слоях, где органические компоненты перемешиваются и переслаиваются с минеральными и где растения-торфообразователи получали более богатое питание минерализованными водами по сравнению со сфагновыми торфами в верхних слоях торфяных массивов.

Для верховых торфов в целом характерна невысокая степень разложения. Минимальные средние значения характеристики D_{dp} выявлены у сфагновых видов, в которых D_{dp} в большинстве случаев не превышает 15 %. У фускум-торфа и торфа комплексного значения D_{dp} менее 10 %, у сфагнового мочажинного, ангустифолиум, магелланикум, и травяно-сфагнового торфов степень разложения не более 25 %. Причиной невысоких значений параметра D_{dp} является присутствие во мхах сфагнола, фенолов и фульвокислот, которые оказывают бактерицидное действие и сохраняют остатки других болотных растений, чем обуславливают биохимическую устойчивость торфов. Высокие значения показателя D_{dp} получены для древесных торфов, максимальные значения и самый широкий их разброс выявлен также у пушицевого и пушицево-сфагнового торфа. Степень разложения всех исследованных торфов снижается с ростом содержания мхов и увеличивается с повышением количества древесных и травяных остатков, так как они содержат больше азота, который интенсивно усваивается бактериями.

Плотность твердых частиц верхового торфа мало изменяется и равна в среднем 1,52–1,55 г/см³. Плотность скелета варьирует от 0,041 до 0,201 г/см³, максимальные средние значения отмечены у сосново-сфагнового торфа ($D_{dp} = 40\%$), минимальные у сфагновых торфов ($D_{dp} = 10 - 20\%$).

Одной из наиболее важных характеристик грунтов, определяющих механические свойства, является коэффициент пористости, значения которого изменяются от 6,59 до 37,5 д.ед., среднее значение — 15,6 д.ед. Самые высокие средние значения e , отмечены у сфагновых видов торфа моховой группы, минимальные значения у более разложившегося сосново-сфагнового торфа.

Значения pH верховых торфов определены как низкие (pH от 2,8 до 4,2) и, следовательно, они относятся к средне- и сильноагрессивным грунтам по отношению к бетону [6].

При отсутствии данных компрессионных испытаний грунтов (которые проводятся чрезвычайно редко из-за труднодоступности объектов и проблем с опробованием) для ориентировочных прогнозов конечной осадки торфов верховых залежей можно воспользоваться значениями модулей осадки приведенными в данной работе (табл. 1-3). Конечная осадка слабого основания в пределах активной зоны сжатия определяется методом послойного суммирования с использованием зависимости для условий одномерной задачи:

$$s = 0,001 \cdot \sum_1^n E_s \cdot H,$$

где n — число слоев; H — мощность слоя; E_s — модуль осадки грунта слоя, найденный на компрессионной кривой при нагрузке σ , равной вертикальному нормальному напряжению от веса насыпи в середине данного слоя [7].

Для расчета s применяется модуль осадки — относительная деформация сжатия, выраженная в промиллях, мм/м:

$$E_s = \frac{\Delta h}{h} \cdot 1000 = \frac{e - e_i}{1 + e} \cdot 1000,$$

где Δh и e_i — деформация образца и коэффициент пористости при нагрузке σ ; h — начальная высота образца, e — начальный коэффициент пористости.

Модули осадки определялись в ходе компрессионных испытаний, анализ которых показал, что деформационные характеристики исследованных торфов при одинаковых нагрузках изменяются в широких пределах. Большой разброс значений модулей в целом типичен для слабых грунтов и связан с разной пористостью (влажностью) и ботаническим составом. По показателю влажности, который несложно определить в лабораторных условиях, можно предварительно прогнозировать модули осадки. В табл. 1 даны регрессионные уравнения, связывающие модуль осадки с влажностью и коэффициентом пористости при различных нагрузках (σ), а также коэффициенты корреляции (r). Необходимо отметить, что коэффициенты корреляции между E_s и e (или w) снижаются при нагрузке 0,2 МПа.

Взаимосвязи показателей ботанического состава, зольности, степени разложения и механических свойств весьма сложны и неоднозначны. Так как для верховых торфов типичны малая зольность и небольшая степень разложения, деформационные показатели прямо или косвенно зависят от ботанического состава, и поэтому следующим этапом работы было изучение модулей осадки торфов различных групп.

Изучение «чистых» групп (моховой, травяной, кустарничковой и древесной) проводилось с целью выявления типичных значений

Таблица 1

Регрессионные уравнения для определения модулей осадки верховых торфов по значениям влажности и коэффициента пористости

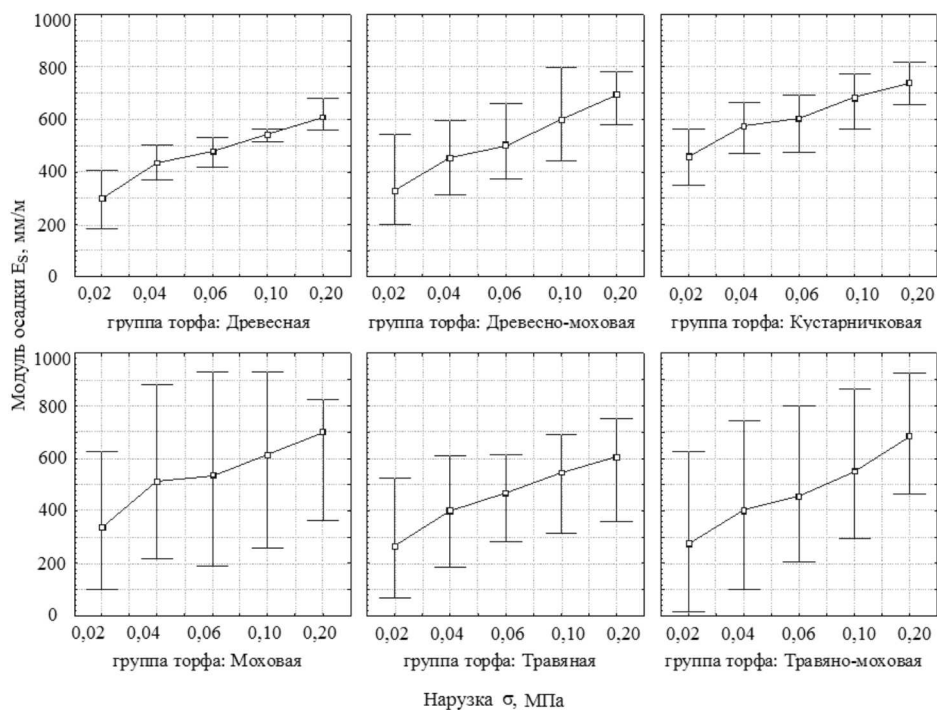
σ , МПа	Расчет модуля осадки E_s через влажность w , д.ед.	Коэффициент корреляции, r	Расчет модуля осадки E_s через коэффициент пористости e , д.ед.	Коэффициент корреляции, r
0,02	$E_s = -94,21 + 418,66 \cdot \lg_{10}(w)$	0,45	$E_s = -164,01 + 412,54 \cdot \lg_{10}(e)$	0,44
0,04	$E_s = 11,72 + 467,38 \cdot \lg_{10}(w)$	0,44	$E_s = -64,48 + 459,01 \cdot \lg_{10}(e)$	0,43
0,06	$E_s = 133,11 + 384,83 \cdot \lg_{10}(w)$	0,39	$E_s = 71,80 + 376,83 \cdot \lg_{10}(e)$	0,38
0,10	$E_s = 211,18 + 390,54 \cdot \lg_{10}(w)$	0,41	$E_s = 145,89 + 385,08 \cdot \lg_{10}(e)$	0,40
0,20	$E_s = 519,20 + 159,54 \cdot \lg_{10}(w)$	0,20	$E_s = 497,47 + 153,05 \cdot \lg_{10}(e)$	0,19

показателей деформационных свойств для торфов с преобладанием одного торфообразователя (табл. 2). Анализ результатов показал, что модули осадки при одинаковых нагрузках возрастают по группам в следующем порядке: древесная-травяная-моховая (рис. 1).

Максимальные интервалы, в которых изменяются модули осадки, отмечены в моховой и травяно-моховой группах (рис. 1), самый меньший разброс значений отмечен в древесной группе, кустарничковой, древесно-моховой (табл. 2). При сравнении графиков (рис. 1), полученных для смешанных групп торфа, необходимо отметить, что при нагрузках более 0,1 МПа они ведут себя как моховые торфа. При меньших нагрузках травяно-моховой торф имеет близкие средние значения модулей осадки с торфами травяной группы, модули осадки древесно-мохового торфа близки к модулям торфов древесной группы. Необходимо отметить, что торфа смешанных групп обладают большим разбросом значений характеристики E_s .

Полученные для различных групп модули E_s позволят установить осадку насыпного сооружения на самых начальных этапах изыскания по визуально установленному групповому составу торфа слагающего болотный массив, не определяя влажность и пористость. В табл. 3 приведены регрессионные уравнения для шести групп торфа, позволяющие прогнозировать модули осадки E_s при любых нагрузках до 0,2 МПа. Если сложно на месте определить ботанический состав торфа, то состав отложений определяется по болотной растительности, если болото не осушалось.

Результаты исследований верховых торфов показали, что они отличаются малой зольностью, небольшой плотностью скелета, высокими значениями коэффициентов пористости и модулей осадки, особенно при преобладании



✱ — среднее значение; — — — — — разброс между минимальным и максимальным значением показателя E_s

Рис. 1. Графики зависимости модулей осадки от нагрузки для разных групп верхового торфа

Таблица 2

Значения модулей осадки торфов чистых групп

Группы	Число проб	Модули осадки при нагрузках σ , МПа				
		0,02	0,04	0,06	0,10	0,20
Древесная	18	<u>298</u> 184-404	<u>434</u> 370-504	<u>478</u> 419-531	<u>543</u> 515-563	<u>607</u> 560-681
Травяная	23	<u>267</u> 69-526	<u>401</u> 187-611	<u>469</u> 283-616	<u>544</u> 316-690	<u>605</u> 360-750
Кустарнич- ковый	8	<u>457</u> 349-565	<u>575</u> 469-665	<u>603</u> 473-694	<u>683</u> 561-775	<u>738</u> 655-820
Моховая	84	<u>336</u> 100-628	<u>514</u> 218-882	<u>533</u> 188-930	<u>613</u> 261-930	<u>700</u> 365-825

Примечания: в числителе даны средние значения показателей, в знаменателе минимальные и максимальные значения.

Таблица 3

Регрессионные уравнения для определения модулей осадки для торфов разных групп

Группа	Уравнения для расчета модуля осадки E_s , мм/м	Коэффициент корреляции, r
Древесная	$E_s = 849,81 + 312,22 \lg_{10}(\sigma)$	0,75
Древесно-моховая	$E_s = 964,82 + 372,27 \lg_{10}(\sigma)$	0,72
Кустарничковая	$E_s = 961,58 + 289,37 \lg_{10}(\sigma)$	0,64
Моховая	$E_s = 972,86 + 362,49 \lg_{10}(\sigma)$	0,64
Травяная	$E_s = 882,99 + 351,87 \lg_{10}(\sigma)$	0,65
Травяно-моховая	$E_s = 956,17 + 401,86 \lg_{10}(\sigma)$	0,51

в их составе сфагновых мхов. При доминировании травяных и древесных остатков с более высокой степенью разложения коэффициенты пористости и модули осадки уменьшаются. Такие торфа являются более прочными основаниями для сооружений при прочих равных условиях. Полученные регрессионные зависимости (табл. 1 и 3) для расчетов модулей осадки рекомендуется использовать для предварительной оценки деформационных свойств и расчета осадки верховых торфов.

Список литературы

1. ГОСТ 10650–86 Торф. Метод определения степени разложения.
2. ГОСТ 11306–94 Торф. Методы определения зольности.
3. ГОСТ 12248–96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
4. ГОСТ 5180–84. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Издательство стандартов, 1984. 25 с.
5. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
6. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.
7. Пособие по технологии возведения плотин из грунтовых материалов (к СНиП 2.06.05–84 и СНиП 3.07.01–85). М., 1991 г.

Крамаренко Виолетта Валентиновна (Kramarenko-v-v@mail.ru), кандидат геолого-минералогических наук, докторант, кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии, Институт природных ресурсов Томского политехнического университета.

Modulus of settlement of high-moor peat

V.V. Kramarenko

Abstract. The results of study of deformation properties of the peat of high-moor are described in article. Relationship between of modulus of settlement and void ratio (water content) under different load are discovered for forecasting of the behaviour of peat soil under building constructions.

Keywords: peat, modulus of settlement, correlation of characteristics.

Kramarenko Violetta (Kramarenko-v-v@mail.ru), candidate of geological sciences, assistant professor, department of hydrogeology and engineering geology and hydrogeoecology, Institute of Natural Sources of Tomsk Polytechnic University.

Поступила 10.01.2011