

стная и пространственная близость месторождения к гранитоидному плутону, особенности составов минеральных комплексов руд, принадлежность околорудных метасоматитов к формации березитов и др. Поскольку это так, приведенный выше вывод о плутонических уровнях формирования даек представляется более обоснованным.

В этом случае обычное мелкокристаллическое до скрытокристаллического строение основной массы дайковых тел определяется малыми объема-

ми расплавов в трещинах и именно вследствие этого быстрым охлаждением расплавов, следовательно, и малыми сроками их кристаллизации. Справедливость данного вывода очевидна, если учесть, что чем меньше мощность дайки, тем более мелкозернистая порода ее слагает. При кристаллизации же крупного магматического очага по понятным причинам расплав охлаждается медленнее с образованием свойственных плутонам кристаллических пород.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. Малые интрузии Бериккульского рудного поля (Кузнецкий Алатау) // Известия Томского политехнического университета. — 2003. — Т. 306. — № 4. — С. 28–33.
2. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические черты кислых гипабиссальных пород Бериккульского рудного поля // Известия Томского политехнического университета. — 2003. — Т. 306. — № 5. — С. 32–36.
3. Кучеренко И.В., Грибанов А.П. Взаимоотношения дайковых образований с золоторудными кварцевыми жилами в Бериккульском рудном поле // Известия Томского политехнического института. — 1968. — Т. 134. — С. 153–158.
4. Андреева Е.Д., Баскина В.А., Богатиков О.А. и др. Магматические горные породы. Классификация, номенклатура, петрография. — Часть 1. — М.: Наука, 1985. — 367 с.
5. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. — 128 с.
6. Рундквист Д.В. О влиянии распределения температур горных пород на процессы метасоматического гидротермального минералообразования // Записки Всесоюзного минералогического общества. — 1966. — Ч. 95. — Вып. 5. — С. 509–525.
7. Кучеренко И.В. Дайки основного состава в мезотермальном золоторудном месторождении Зун-Холба (Восточный Саян) // Вестник Томского государственного университета. — 2003. — № 3 (III). — С. 259–261.
8. Кучеренко И.В. Околожилные гидротермальные изменения вмещающих пород Бериккульского рудного поля (Кузнецкий Алатау) // Геология: Матер. конф., посвященной 75-летию Томского политехнического института, г. Томск, май 1971 г. — Томск: Изд-во ТГУ, 1973. — С.104–105.

УДК 624.131

### ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФЯНЫХ ГРУНТОВ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА (МЕЖДУРЕЧЬЯ БАКЧАР-ИКСА-ШЕГАРКА)

В.В. Крамаренко

Томский политехнический университет  
Тел.: (382-2)-56-38-40

*Приводятся результаты изучения водно-физических и деформационных свойств торфов восточной части Васюганского болота. Выявлены взаимосвязи между показателями сжимаемости торфов и характеристиками их состава и состояния, предложена методика прогнозирования деформации сжатия торфов.*

В последние годы резко возрастает интерес к исследованиям Васюганских болот, что связано с различными аспектами — экологическими, гидрогеологическими и гидрологическими исследованиями, комплексным использованием торфа, изучением изменения климата. В то же время освоение новых газонефтяных месторождений Томской области неизбежно связано со строительством магистралей, ЛЭП, поселков на заболоченных территориях, что вызывает необходимость изучения физико-механических свойств торфяных грунтов.

Характеризуемые болотные массивы расположены на слабо расчлененной равнине эоплейстоцен-раннеэоплейстоценового возраста, на плос-

ких междуречьях р. Бакчар-Икса (участок 5 у с. Бакчар торфоместорождения (ТМР) Васюганское) и Икса-Шегарка (участки 5 и 6 у с. Плотниково ТМР Васюганское и ТМР Плотниковское) [1]. Массивы имеют сложную конфигурацию, несколько вытянутую вдоль водоразделов, с многочисленными внутренними суходолами.

Подстилающие отложения представлены слабо карбонатными суглинками и глинами смирновской толщи, а также аллювием террас. Среди суглинков отмечаются легкие, легкие и тяжелые пылеватые разности коричневого и серого цвета тугопластичной, мягкопластичной и текучей консистенции. Иногда подстилающими породами являются сапропели.

Грунтовые воды находятся на глубине более 10 м и могут подпитывать болота, по-видимому, только в наиболее глубоких участках – центрах болотообразования. Таким образом, питание между-речных массивов, в основном, происходит за счет атмосферных осадков и поступления поверхностно-сточных вод с водосборной площади. Питание болот в долинах рек смешанное, включая воды нижележащих напорных горизонтов. Дренажирование вод осуществляется в речную сеть, а также в осушительные каналы и канавы, проведенные при лесомелиоративных работах. Основными водоприемниками являются рр. Икса, Шегарка, Бакчар.

Согласно районированию территории по современному заболачиванию, проведенному Ю.А. Львовым [2], рассматриваемая площадь относится к Иксинскому болотному району, представленному комплексными болотными системами с двучленной залежью на междуручьях и евтрофными осоково-гипновыми системами в поймах рек. Проанализировав данные, полученные Горьковской ГРЭ, Ю.И. Прейс [3] пришла к выводу, что на месторождениях нижние слои залежи, в основном, представлены переходными и верховыми торфами, редко низинными. Очагами заболачивания чаще служили водоемы, о чем свидетельствуют подстилающие отложения сапропеля. Возраст торфа на таких участках месторождения Плотниковского составляет 5200...4800 лет, месторождения Семеновского – 7180±190 лет [4]. На начальной стадии образования торфяные массивы представляли собой редкие изолированные болота, где шло накопление древесных, древесно-осоковых и осоковых видов торфа низинного типа. При этом питание болот происходило, в основном, за счет атмосферных осадков, что привело к образованию и широкому распространению залежей переходного, смешанного и верхового типов. Под влиянием избыточного увлажнения болота постепенно разрастались, сливаясь воедино. По мнению Е.Д. Лапшиной [5], низинные болотные массивы вступили в переходную и верховую стадии развития около 2000...1500 лет назад. Переходный тип торфа представлен осоко-

во-сфагновым, осоковым, древесно-осоковым, древесно-сфагновым, пушицево-сфагновым и сфагновым видами, верховой – фускум, магелланикум, ангустифолиум, реже комплексным, пушицево-сфагновым, сосново-сфагновым.

В результате проведенных работ получены данные, характеризующие состав и свойства 11 наиболее распространенных видов торфа верхового, низинного и переходного типов, отобранных на четырех месторождениях Иксинского района. Краткая характеристика ТМР приведена в таблице 1 [1].

Так как торфяные грунты в лабораторных условиях подвержены быстрому распаду, исследования деформации сжатия проводили по методике сокращенных компрессионных испытаний, изложенной в работе [6]. Обработку результатов испытаний выполняли согласно рекомендациям И.С. Комарова [7].

В результате статистической и графической обработки полученных данных были построены компрессионные кривые вида

$$e_i = e_0 - a \ln (P_i / P_c),$$

где  $e_i$  – коэффициент пористости при нагрузке  $P_i$ ,  $e_0$  – начальный коэффициент пористости,  $a$  – коэффициент компрессии,  $P_c$  – начальный параметр компрессионной кривой, соответствующий структурной прочности грунта.

В таблице 2 для изученных видов торфа приведены параметры компрессионной кривой ( $e_0$ ,  $P_c$ ,  $a$ ), фильтрационные показатели ( $k_f$ ), а также зольность ( $D_{as}$ ), плотность скелета ( $\rho_d$ ) и степень разложения торфа ( $D_{dp}$ ).

Анализ полученных данных показал, что для торфов характерна нормальная зольность от 0,8 до 15 %, в среднем около 4,9 %, за исключением обтрузума.

Все исследованные образцы торфа обладают общекислотной агрессивностью (рН=2,9...5,0), которая несколько слабее у торфов древесной и травяной групп. Самые минимальные значения рН отмечены у пушицево-сфагнового, магелланикум, обтрузум и травяного торфа.

**Таблица 1.** Характеристика торфоместорождений Иксинского болотного района

Название ТМР	Тип залежи	Площадь, га	Мощность залежи, м		Степень разложения $D_{dp}$ , %	Зольность $D_{as}$ , %	Влажность $W$ , %
			средняя	максимальная			
Васюганское, участок 5 у с. Плотниково	Все типы	26470	2,50	7,60			
	Верховая	14151	2,78		14	3	92,8
	Низинная	1152	1,26		32	8	88,7
	Смешанная	1241	2,20		22	5	91,7
	Переходная	1666	1,39		28	3	89,9
Васюганское, участок 6	Все типы	74687	2,29	5,90			
	Верховая	42146	2,53		13	4	91,9
	Низинная	8807	1,41		30	7	89,1
	Смешанная	5256	1,79		13	4	91,9
Васюганское, участок 5 у с. Бакчар	Все типы	17918	1,94	5,30	22	6	90,0
Плотниковское	Низинная	254	3,67		36	13	86,0

**Таблица 2.** Характеристика торфяных грунтов

Группа торфа	Вид торфа	рН	$D_{dp}$ , %	$D_{as}$ , %	$\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	Коэффициенты фильтрации $k_f$ , (м/сут), в направлении:		Параметры компрессионной кривой			Аналоги для европейской части России [8]	
						вертикальном	горизонтальном	$e_0$	$a$	$P_c$ , МПа	$D_{dp}$ , %	$e_0$
Древесная	Березовый	<u>3,7</u> –	<u>35</u> –	<u>7,7</u> –	<u>0,196</u> 0,009	0,53	0,64	<u>7,0</u> 0,38	<u>1,22</u> 0,08	<u>0,013</u> 0,003	42 5,4	<u>9,1</u> 1,3
	Сосновый	<u>4,7</u> –	<u>40</u> –	<u>7,0</u> –	<u>0,164</u> 0,020	0,41	0,48	<u>8,4</u> 0,11	<u>1,50</u> 0,08	<u>0,008</u> 0,002		
Древесно-травяная	Древесно-осоковый	<u>4,9</u> –	<u>19</u> 5,3	<u>6,6</u> 1,10	<u>0,124</u> 0,010	1,21	1,18	<u>11,6</u> 1,16	<u>2,21</u> 0,47	<u>0,006</u> 0,003	<u>35</u> 7,7	<u>11,1</u> 3,3
Травяная	Травяной	<u>3,1</u> –	<u>30</u> –	<u>6,7</u> 0,00	<u>0,186</u> 0,010	1,12	1,10	<u>7,3</u> 0,50	<u>1,35</u> 0,10	<u>0,014</u> 0,005	–	–
	Осоковый	<u>4,4</u> –	<u>25</u> –	<u>6,2</u> –	<u>0,079</u> 0,009	3,56	1,75	<u>18,8</u> 1,95	<u>2,85</u> 0,13	<u>0,002</u> 0,001	<u>28</u> 8,7	<u>11,7</u> 2,9
Древесно-моховая	Древесно-сфагновый	<u>4,1</u> 0,8	<u>30</u> 8,5	<u>4,6</u> 2,13	<u>0,140</u> 0,030	0,30	0,28	<u>10,3</u> 2,16	<u>1,97</u> 0,55	<u>0,006</u> 0,003	<u>35</u> 7,7	<u>11,1</u> 3,3
Травяно-моховая	Осоково-сфагновый	<u>3,3</u> –	<u>15</u> –	<u>3,2</u> –	<u>0,103</u> 0,020	1,20	0,54	<u>14,3</u> 3,18	<u>2,74</u> 0,76	<u>0,005</u> 0,003	<u>28</u> 13,2	<u>13,8</u> 5,9
	Пушицево-сфагновый	<u>2,9</u> –	<u>15</u> –	<u>0,9</u> –	<u>0,084</u> 0,010	1,52	1,86	<u>17,3</u> 2,35	<u>3,11</u> 1,61	<u>0,002</u> 0,002	<u>31</u> 5,2	<u>14,5</u> 2,6
Моховая	Магелланикум	<u>3,1</u> 0,1	<u>13</u> 4,0	<u>2,4</u> –	<u>0,084</u> 0,020	0,94	1,26	<u>18,0</u> 4,09	<u>2,82</u> 0,95	<u>0,001</u> 0,001	<u>16</u> 6,9	<u>18,6</u> 5,9
	Сфагновый мочажин.	<u>3,7</u> –	<u>13</u> 2,6	<u>3,3</u> 0,90	<u>0,116</u> 0,030	0,57	0,65	<u>12,8</u> 3,29	<u>2,56</u> 0,73	<u>0,003</u> 0,002	<u>9</u> 1,7	<u>20,5</u> 6,2
	Обтузум	<u>3,1</u> –	<u>15</u> –	<u>15,0</u> –	<u>0,108</u> 0,008	1,98	0,81	<u>13,9</u> 1,13	<u>2,17</u> 0,26	<u>0,003</u> 0,002	–	–

Примечания: в числителе – средние значения показателей, в знаменателе – стандартное отклонение; для параметра  $a$  – стандартная ошибка. Буквенные обозначения параметров расшифрованы в тексте

**Таблица 3.** Коэффициенты корреляции между показателями

Параметры	Содержание растительных остатков, %			$a$	$e_0$	$P_c$	рН	$H$	$D_{dp}$	$D_{as}$
	травяных	древесных	моховых							
$a$	<b>-0,37</b>	<b>-0,17</b>	<b>0,47</b>	<b>1,00</b>						
$e_0$	<b>-0,49</b>	-0,14	<b>0,55</b>	<b>0,74</b>	<b>1,00</b>					
$P_c$	<b>0,35</b>	0,07	<b>-0,33</b>	-0,05	<b>-0,59</b>	<b>1,00</b>				
рН	<b>0,57</b>	-0,04	<b>-0,54</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,40</b>	<b>0,28</b>	<b>1,00</b>			
$H$ , глубина отбора	<b>0,29</b>	-0,06	-0,16	0,05	-0,15	<b>0,30</b>	0,13	<b>1,00</b>		
$D_{dp}$	<b>0,55</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,52</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,34</b>	<b>0,47</b>	0,17	<b>1,00</b>	
$D_{as}$	<b>0,33</b>	0,16	<b>-0,37</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,25</b>	<b>0,48</b>	-0,06	<b>0,43</b>	<b>1,00</b>

Примечание: полужирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции

По степени разложения торфа слабо- и средне-разложившиеся ( $D_{dp} = 10...40\%$ ), минимальные значения этого параметра отмечены у сфагновых и травяно-сфагновых торфов.

Плотность скелета ( $\rho_d$ ) изменяется от 0,062 до 0,206 г/см<sup>3</sup>, максимальная характерна для березового, соснового и травяного видов, минимальная – для магелланикум и пушицево-сфагнового.

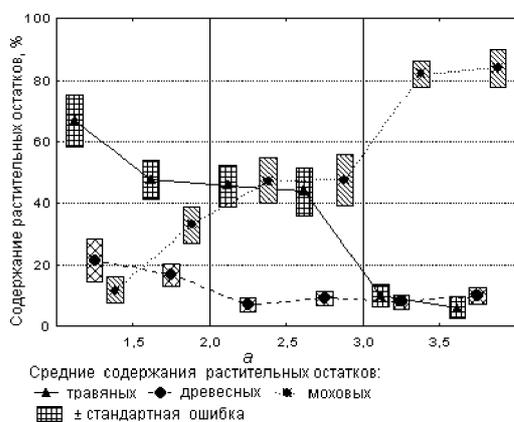
Максимальные коэффициенты фильтрации выявлены в торфах с более высокими коэффициентами пористости – осокового и пушицево-сфагнового видов, минимальные – в древесных торфах. Значительно преобладает вертикальная фильтрация в осоковом, осоково-сфагновом и обтузум-торфе.

Коэффициенты пористости изменяются от 6,6 до 23,7, максимальные значения отмечены у магелланикум, пушицево-сфагнового и осокового видов торфа. Для них же характерны максимальные коэффициенты компрессии. Большие коэффициенты компрессии выявлены также у сфагнового мочажинного и осоково-сфагнового видов торфа, хотя коэффициенты пористости у них меньше, чем у перечисленных выше видов торфа. Необходимо отметить, что образцы осокового торфа обладают довольно высокими значениями  $\rho_d$ ,  $e_0$ ,  $a$ ,  $k_f$ . Для осоковых видов торфа Томской области более типичны  $e_0 = 10,6$ ,  $\rho_d = 0,142$  г/см<sup>3</sup>,  $a = 2,12$ , как и в европейской части России. Большинство европейских аналогов, напри-

мер, древесно-осоковый, древесно-сфагновый, осоково-сфагновый и магелланикум-торф, имеют близкие коэффициенты пористости с западно-сибирскими торфами, что свидетельствует о стабильности этого параметра у рассматриваемых видов торфа.

В результате корреляционного анализа установлены зависимости между некоторыми характеристиками торфов Томской области. Наиболее тесные связи выявлены между коэффициентами компрессии и пористости, степенью разложения и содержанием остатков растений моховой группы (табл. 3).

Ботанический состав торфов оказывает существенное влияние на их компрессионные свойства (см. рисунок). Коэффициент компрессии имеет прямую корреляционную зависимость от содержания остатков и обратную – от травяных осттков.



**Рисунок.** Зависимость коэффициента компрессии от ботанического состава торфа

Можно отчетливо выделить три типа торфов по сжимаемости, с определенными количественными и качественными особенностями ботанического состава. В первых двух интервалах, т.е. при коэффициентах компрессии менее 3, доминируют торфа низинного типа, в III типе – встречаются только верховые торфа. Во всех случаях наиболее представительным является топяной подтип.

**I тип –  $a \leq 2$ .** Коэффициенты компрессии менее 1,5, характерны для торфов травяной и древесной групп, представленных древесно-травяным, березовым, травяным, сосново-сфагновым, шейхцериевым и древесно-гипновым видами. При значении  $a$  от 1,5 до 2 несколько уменьшается содержание дре-

весных и травяных остатков, и увеличивается мхов (гипновых). Широкое распространение получают осоковые, древесно-осоковые, сосновые, гипновые, пушицево-сфагновые и древесно-сфагновые торфа. Коэффициент пористости, в среднем, около 10, степень разложения – 28 %, зольность – 8,2 %, pH – 4,4, плотность скелета торфа – 0,147 г/см<sup>3</sup>.

**II тип –  $2 < a < 3$ .** Количество травяных остатков стабилизируется, древесных – уменьшается, моховых возрастает. Характерно приблизительно равное содержание торфообразователей моховой, травяной и травяно-моховой групп, незначительное – древесной, которое остается неизменным и в следующем интервале. В целом, доминируют осоковые и осоково-гипновые виды торфа, часто встречаются древесно-сфагновые, магелланикум, фускум и комплексный торфа. Коэффициент пористости около 13, степень разложения – 23 %, зольность – 8 %, pH – 4,0, плотность скелета торфа – 0,119 г/см<sup>3</sup>.

**III тип –  $a \geq 3$ .** Резко падает содержание травяных остатков и также резко возрастает моховых, стабилизируясь при дальнейших повышениях коэффициентов компрессии. Преобладают верховые торфа моховой, травяно-моховой и травяной группы. Доминирующими видами являются фускум, ангустифолиум, магелланикум, встречаются сфагновые мочажинные, древесно-сфагновые торфа, шейхцериевые и пушицевые торфа. Коэффициент пористости около 19, степень разложения – 14 %, зольность – 4 %, pH – 3,3, плотность скелета торфа – 0,08 г/см<sup>3</sup>.

По результатам проведенных исследований составлена характеристика торфяных грунтов восточной части Васюганского болота, позволяющая по ботаническому составу и состоянию торфов прогнозировать их физические, фильтрационные и деформационные свойства. Выявлено, что главными факторами, определяющими деформацию сжатия торфяных грунтов, являются коэффициент пористости, процентное содержание торфов моховой группы, а также степень разложения. Выделены три типа торфов по сжимаемости и определены особенности их состава и свойств. Необходимо отметить, что в Васюганских болотных массивах встречаются все типы торфа. Однако наиболее широко распространены переходные и верховые торфа и особенно их сфагновые виды. Поэтому на Васюганском торфяно-болотном массиве преобладают торфа II и III типов по сжимаемости.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Торфяные месторождения Томской области: Справочник / Под ред. В.Д. Маркова. — М.: Геолторфразведка, 1971. — 306 с.
2. Львов Ю.А. Болотные ресурсы // Природные ресурсы Томской области / Под ред. И.М. Гаджиева, А.А. Земцова. — Новосибирск: Наука, 1991. — 176 с.
3. Прейс Ю.И. Криогенез болотообразовательного процесса на территории Большого Васюганского Болота. Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / Под ред. М.В. Кабанова. — Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2002. — С. 45–64.
4. Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands / Editors: W. Bleuten and E. Lapshina. — Utrecht: Utrecht University, 2001. — 166 p.
5. Лапшина Е.Д., Мульдьяров Е.Я. Основные этапы развития Большого Васюганского болота. Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / Под ред. М.В. Кабанова. — Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2002. — С. 36–45.
6. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах / Под ред. Э.К. Кузахметовой. — М.: Стройиздат, 1989. — 192 с.
7. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. — М.: Недра, 1972. — 295 с.
8. Косов В.И. Статистическая оценка деформационных и фильтрационных характеристик торфов генетической классификации // Торфяная промышленность. — 1983. — № 11. — С. 14–16.