Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXI, вып. 2, 1976 г.

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДА КОНТРОЛЯ ЗА СОХРАНЕНИЕМ СТРУКТУРЫ МЕРЗЛОГО ГРУНТА ПРИ ОТРАБОТКЕ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

В.И.КОВАЛЕНКО, И.С.АФАНАСЬЕВ, В.И.ВАСИЛЬЕВ

Для инженерной геологии очень важен отбор проб грунта с ненарушенной структурой. Особенно сложен в этом отношении отбор монолитов из мерзлых грунтов в процессе проходки скважин. Для отработки технологии бурения скважин в мерзлых грунтах были поставлены эксперименты, при проведении которых основную трудность представлял выбор метода контроля за состоянием сохранности структуры в процессе бурения.

Структура мерзлых пород определяется в основном характером содержащегося в них породообразующего материала – льда. Оттаивание тонкодисперсного грунта и, следовательно, нарушение структуры происходит при повышении температуры не только до положительного значения, но и при всяком повышении отрицательной температуры. Поэтому определить степень нарушенности образца визуально невозможно, так как образец породы, имеющий отрицательную температуру, всегда содержит лед и при оттаивании грунта агрегатное состояние изменяет только он. С учетом сказанного, критерием ненарушенности образца мерзлой породы следует считать неизменность ее температуры или льдистости.

В процессе эксперимента измерить температуру керна довольно сложно из-за трудности монтажа термодатчиков в блоках мерзлой породы. Поэтому при исследовании состояния керна в процессе отработки режимов бурения для оценки ненарушенности его естественной структуры была принята неизменность льдистости. Существуют два способа количественного определения льдистости: дилатометрический и калориметрический.

Дилатометрический метод заключается в определении изменения объема образца при замерзании и оттаивании. Этот способ не дает удовлетворительных результатов [2, 3]. Основной недостаток дилатометрического способа состоит в том, что все изменения объема грунта при замерзании и оттаивании его оцениваются как результат изменения агрегатного состояния воды, содержащейся в грунте. Погрешность результатов при дилатометрическом способе достигает 10-20%.

Калориметрический метод определения фазового состава воды основан на измерении теплового эффекта при оттаивании льда в грунтах. В центральной

лаборатории института мерзлотоведения АН СССР разработан калориметрический метод определения количества незамерзшей воды и льда в мерзлых грунтах. Он позволяет установить содержание воды и льда в мерзлом грунте в области отрицательных температур. При всех положительных качествах этого метода определения льдистости он имеет существенные недостатки: громоздкость прибора, длительность определения (до 20 ч на одно определение), большое количество сложных измерений и недостаточная точность.

Указанные недостатки методов определения льдистости грунтов не позволили использовать их для оценки ненарушенности структуры в рассматриваемых условиях.

Так как для выполнения поставленной задачи необязательно знать количественное содержание льда в образце, а необходимо лишь убедиться в неизменности его после бурения, рассмотрим возможность применения для контроля неизменности льдистости мерзлого грунта способа измерения электропроводности.

Мерзлые грунты являются достаточно хорошими проводниками электрического тока. Проводником тока является та часть минерализованной воды, которая в породах не замерзает даже при довольно низких температурах. С изменением температуры меняется льдистость мерзлых пород, а следовательно изменяется и электропроводность.

Опытами А.Т.Акимова [I] доказано, что удельное электросопротивление четко реагирует на изменение отрицательной температуры, причем кривая удельного сопротивления представляет как бы зеркальное отражение кривой температуры, что может быть положено в основу изучения процессов оттаивания и промерзания.

Для опробования метода электросопротивления применительно к проводимым исследованиям были проведены опыты. Фанерно-клееную трубу диаметром 108 мм и длиной 800 мм плотно заполняли предварительно смоченной смесью песка и порошка бентонитовой глины в соотношении I:I по объему. В торцы ее вмораживали термометры и электроды из красной меди, представляющие собой цилиндрики диаметром I0 мм и длиной 20 мм. К электродам припаивали провода, идущие к реохордному мосту Р-38. Трубу с грунтом выносили на морозный воздух. Электросопротивление замеряли через 0,5-I ч. Совместно с электросопротивлением снимали показания термометра с ценой шкалы $0,2^{\circ}C$.

После достижения образцом минимальной температуры, равной температуре воздуха на улице, его вносили в помещение и замеряли температуру и электросопротивление таящего образца. Было проведено 5 опытов. Для примера приведены показания температуры и электросопротивления грунта одного из опытов:

Температура образца, $^{\circ}C$	Электросопротивление грунта, Ом·10^5	Температура образца, $^{\circ}C$	Электросопротивление грунта, Ом·10^5
-9,6	3,15	-1,8	0,8
-6,6	2,17	-1,4	0,79
-5,2	1,77	-1,2	0,77
-4,0	1,32	-1,0	0,74
-3,6	1,20	-0,8	0,655
-2,4	0,88	-0,6	0,46

Из приведенных данных видно, что даже с незначительным изменением температуры грунта резко меняется его электросопротивление.

На основе выбранного метода оценки ненарушенности структуры мерзлых грунтов была выполнена вторая серия опытов для выяснения влияния режимов бурения на получение высококачественного керна, пригодного для инженерно-геологического изучения. Состояние грунта контролировали сравнением электросопротивления до и после бурения. Наиболее характерные результаты экспериментального бурения приведены в таблице.

Результаты экспериментального бурения

Грунт	Диаметр бурения, мм	Тип коронки	Режимные параметры бурения				Температура воздуха, °С	Электросопротивление грунта, Ом·м²/м	
			количество воздуха, м³/мин	давление воздуха, кг/см²	частота вращения снаряда, об/мин	осевая нагрузка, кг		в блоке	в керне
Супесь	93	СМ-1	3,5	3,0	121	400	-6	78,49	80,3
	93	СМ-1	3,0	3,0	68	350	-7	26,87	28,68
	76[x]	СМ-1			68	350		25,66	12,98
	76[x]	СМ-1			121	600		23,54	9,36
Глина	76/93	КР-4	4,0	3,0	121	600	-9	76,46	90,57
	76	МР-2НП-1	3,0	3,5	68	450	-4	39,24	29,54
	76/93	КР-4	3,0	2,5	68	400	-5	41,05	42,26

[x] Бурение проводилось „всухую".

Циркуляционным агентом являлся охлажденный сжатый воздух. Для сравнения были проведены эксперименты по проходке скважин „всухую".

До начала бурения электросопротивление грунта замеряли, подсоединяя вмороженные электроды к уравновешивающему мосту Р-38. Затем один провод (верхний) отсоединяли и начинали бурение в определенном режиме. После проходки 20 см бурение прекращали, вновь замеряли электросопротивление и сравнивали его значение с первоначальным.

Как видно из приведенных в таблице данных, наиболее сильное протаивание, характеризуемое степенью изменения электросопротивления, наблюдается при бурении „всухую". При применении для продувки охлажденного сжатого воздуха изменение электросопротивления незначительно, т.е. в этом случае структура полученного керна практически не нарушена.

С помощью упомянутого метода контроля разработаны рациональные режимы бурения инженерно-геологических скважин при опробовании в многолетнемерзлых грунтах.

ЛИТЕРАТУРА

Акимов А.Т. Электрические удельные сопротивления мерзлых пород. ДАН СССР, т. 16, № 8, 1937.

2. Нерсесова З.А. Инструктивные указания по определению количества незамерзающей воды и льда в мерзлых грунтах. Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов. Сб. 2. Изд-во АН СССР, 1954.

3. Нерсесова З.А. Калориметрический метод определения льдистости грунтов. Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов. Сб. 1. Изд-во АН СССР, 1953.