

### *Статическое зондирование на акваториях в летнее время*

Оборудование для статического зондирования на акваториях является значительно более сложным, чем для зондирования «наземного». На практике применяется различные схемы установок, передающих вдавливающее усилие на штангу статического зондирования. Критическим условием является глубина воды, поскольку она определяет выбор плавсредства для выполнения работ. Так если максимальная глубина воды не превышает 20 м, то выбор, как правило, падает на самоподъемные платформы.

Самоподъемная плавучая платформа обладает малой осадкой (до 1 м), что позволяет ей выходить на малые глубины. Пример самоподъемной плавучей платформы представлен на рис. 1. Самоподъемная плавучая платформа поднимается в рабочем состоянии над поверхностью воды на колоннах, опирающихся на грунт. Колонны подвижны в вертикальном направлении относительно основного корпуса (понтон). Технологическое оборудование, которое включает в себя оборудование для статического зондирования, располагается на верхней палубе понтона.



Рис. 1. Самоподъемная плавучая платформа

Без специальных приспособлений статическое зондирование на акваториях невозможно в силу недостаточной устойчивости штанги зонда, которая должна работать на поперечный изгиб при большой свободной длине. По этой причине применяется технология, при которой зонд погружается через направляющую колонну труб, что исключает потерю устойчивости штанги. Малогабаритная установка статического зондирования (монопод) развивает максимальное усилие вдавливания 200 кН, что обеспечивает выполнение статического зондирования на большие глубины, а также возможность продавливания достаточно плотных грунтов. Максимальная глубина

статического зондирования без разбуривания составила 91 м, не считая 4 м воды.

### *Статическое зондирование на акваториях в зимнее время*

В случае, если площадка инженерно-геологических изысканий располагается в северных широтах и существует возможность проводить работы не только в летнее время, но и в зимнее, когда акватория покрыта ледяным покровом, тогда возможно использовать другую технологию крепления установки статического зондирования. Эта технология дешевле в сравнении с летним вариантом (самоподъемной платформой), однако перед ее применением необходимо оценить риски, связанные с максимальной нагрузкой, которую ледовый покров может выдержать.

Для оценки несущей способности ледяного полотна можно воспользоваться таблицей, представленной в руководстве для безопасного строительства и работ на ледяном покрове, разработанной в Альберте (Канада) [1].

	<div> <div>Low Risk</div> <div>Allowable Load (P=kg)</div> <div>Substantial Risk</div> </div>			
h=Effective Ice Thickness (cm)	A=3.5	A=4	A=5	A=6
	Low Risk	Tolerable Risk	Moderate Risk	Substantial Risk
20	1400	*	*	*
25	2200	*	*	*
30	3150	*	*	*
35	4300	4900	6120	7350
40	5600	6400	8000	9600
45	7100	8100	10100	12100
50	8750	10000	12500	15000
55	10600	12100	15100	18100
60	12600	14400	18000	21600
65	14800	16900	21100	25300
70	17100	19600	24500	29400
75	19700	22500	28100	33700
80	22400	25600	32000	38400
85	25300	28900	36100	43300
90	28300	32400	40500	48600
95	31600	36100	45100	54100
100	35000	40000	50000	60000
105	38600	44100	55100	**
110	42300	48400	60500	**
115	46300	52900	**	**
120	50400	57600	**	**
125	54700	62500	**	**
130	59100	**	**	**

Рис. 2. Оценка рисков возникновения повреждения ледяного покрова в зависимости от толщины льда [1]

При оценке допустимой толщины льда для безопасной работы, необходимо также учесть ряд факторов, которые включают величину нагрузки, характер нагрузки (мгновенная, стационарная), наличие течения под ледяным покровом, соленость воды и др. Так из представленной таблицы на рис. 2 видно, что толщина ледяного покрова должна быть более 90 см, чтобы выдержать установку статического зондирования на базе автомобиля Урал/Камаз массой 20 тн и не подвергаться риску возможного прорыва ледяного покрова. Однако, если выполняется глубокое статическое зондирование, необходимо помнить о дополнительной нагрузке при поднятии колонны штанг и зонда после завершения теста. Максимальная нагрузка в таком случае может удвоиться – 20 тн вес грузового автомобиля и 200 кН усилие на выдергивание колонны штанг и зонда. Для безопасного выполнения таких работ толщина ледяного покрова должна быть порядка 110–120 см.

Для снижения риска и повышения безопасности работ по статическому зондированию с ледяного покрова были разработаны специальные сани (рис. 3). Вес саней составляет порядка 5 тн (7 тн с оборудованием). Эта масса достаточно небольшая и позволяет с минимальными рисками перемещаться по ледяному покрову. Однако, этой массы недостаточно, чтобы компенсировать задавливающее усилие прессы статического зондирования в 200 кН (или 20 тн). Для компенсации задавливающего усилия была разработана технология крепежа саней в ледяной покров, что позволило успешно и просто предоставить недостающие 10–15 тн. Максимальная глубина статического зондирования на данной установке составила 75 м.



Рис. 3. Установка статического зондирования на санях



При толщине ледяного покрова, не позволяющей использовать транспортные средства более 3 тн, возможно выполнение работ с помощью мобильной установки статического зондирования. На рис. 4 приведен пример использования мобильной установки статического зондирования с максимальным задавливающим усилием в 150 кН (15 тн). Установка закреплена в ледяной покров (толщина льда составляла 40 см), который успешно компенсировал усилие задавливания, доходившее до 14 тн. Максимальная глубина статического зондирования составила 51 м.



Рис. 4. Мобильная установка статического зондирования с закреплением в ледяном покрове

Данная установка (см. рис. 4) разработана специально для труднодоступных мест с возможностью переноса руками. Установка разбирается на составные части, масса каждой из которых не превышает 40 кг.

### *Заключение*

Полученный за последнее время опыт выполнения статического зондирования на акваториях, позволяет существенно расширить географические зоны применения статического зондирования. Особо стоит отметить о перспективности использования данного метода в условиях Арктики. У авторов имеется успешный пример измерения не только температуры грунта, что позволяет рассчитать геотермический градиент и оценить тепловой поток в донных отложениях.

### **Список литературы**

1. BEST PRACTICE for building and working safely on ice covers in Alberta [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://open.alberta.ca/dataset/612530c3-9f41-41f3-ad45-4b62b47a0b06/resource/74decde6-8120-46be-b137-158bb63ee569/download/whs-pub-sh010.pdf> (дата обращения: 11.10.2019).