

Таблица 2.1. Расшифровка обозначений на карте-схеме

Положение элементов на карте-схеме	Обозначение	Полное наименование	
	R1	Репер береговой - 106км	Реперные пункты на берегу, используемые для надледной геодезической разметки.
	R2	Репер береговой - 107км	
	R3	Репер береговой - 109км	
	RP	Репер переходной (ледовый)	Отсчетные реперные пункты, устанавливаемые каждый год на льду.
	КЛД-98	Донная кабельная линия	Донные кабели между телескопом и береговым центром, проложенные в 1998, 2004, 2005 гг.
	КЛД-04		
	КЛД-05		
	ЯБ-98	Береговой якорь КЛД-98	Береговой якорь для донного кабеля КЛД-98
	ЯБ-04	Береговой якорь КЛД-04	Береговой якорь для донного кабеля КЛД-04
	ЯБ-05	Береговой якорь КЛД-05	Береговой якорь для донного кабеля КЛД-05
	ЯБ-02	Береговой якорь КЛДА-02	Береговой якорь для донного кабеля КЛД-02
3	ПБСК-98	Кабельная ПБС КЛД-98	Кабельные притопленные буйковые станции для удержания кабелей, поднимающихся со дна до глубин 20м, которые связывают соседние стринги
2	ПБСК-04	Кабельная ПБС КЛД-04	
4	ПБСК-05	Кабельная ПБС КЛД-05	
5	ПБСЦ-06	Распределительный щит НТ-200+	Притопленная буйковая станция, несущая центральный коммутационный узел и БЭД комплекса НТ-200+
6	ПБСТ(Ц)	Центральная ПБС НТ-200 (Гептагон)	Центральная часть притопленной буйковой станции ГЕПТАГОН детектора НТ-200, (вершина ГЕПТПГОНа – на глубине 1100 м)
7	ПБСВ(1)-05	Внешняя ПБС НТ-200+	Внешние притопленные буйковые станции, несущие три внешних стринга и образующие модификацию телескопа НТ200+
8	ПБСВ(2)-06	Внешняя ПБС НТ-200+	
9	ПБСВ(3)-06	Внешняя ПБС НТ-200+	
11	ПБСЭ-08	Промежуточная ПБС НТ-200+ -	Экспериментальный стринг
10	ПБСЛ-06	Промежуточная ПБС НТ-200+	Внешний лазер

Поло- жение элемен- тов на карте- схеме	Обозначение	Полное наименование	
1	ПБСГ-06	Гидрологическая ПБС	Гидрологическая ПБС для непрерывного мониторинга гидрологических и оптофотометрических характеристик озера Байкал.
	ПАБС “Sturm-04”	Лимнологическая ПАБС	
	ПАБС “Termo-04”	Лимнологическая ПАБС	
	ПАБС DYVES’99	Лимнологическая ПАБС	
	ПАБСЛ-08	Лимнологическая ПАБС	
	ПБСГео-04	Геофизическая ПАБС	
	ПБСА-02	Гидроакустическая ПБС	
	ГБСМ(1)	Донный маяк- ответчик	Донные маяки-ответчики для системы гидроакустического определения координат
	ГБСМ(2)	Донный маяк- ответчик	
	ГБСМ(3)	Донный маяк- ответчик	
	ГБСМ(4)	Донный маяк- ответчик	
	ГБСМ(5)	Донный маяк- ответчик	
	ГБСМ(6)	Донный маяк- ответчик	
	ГБСМ(7)	Донный маяк- ответчик	

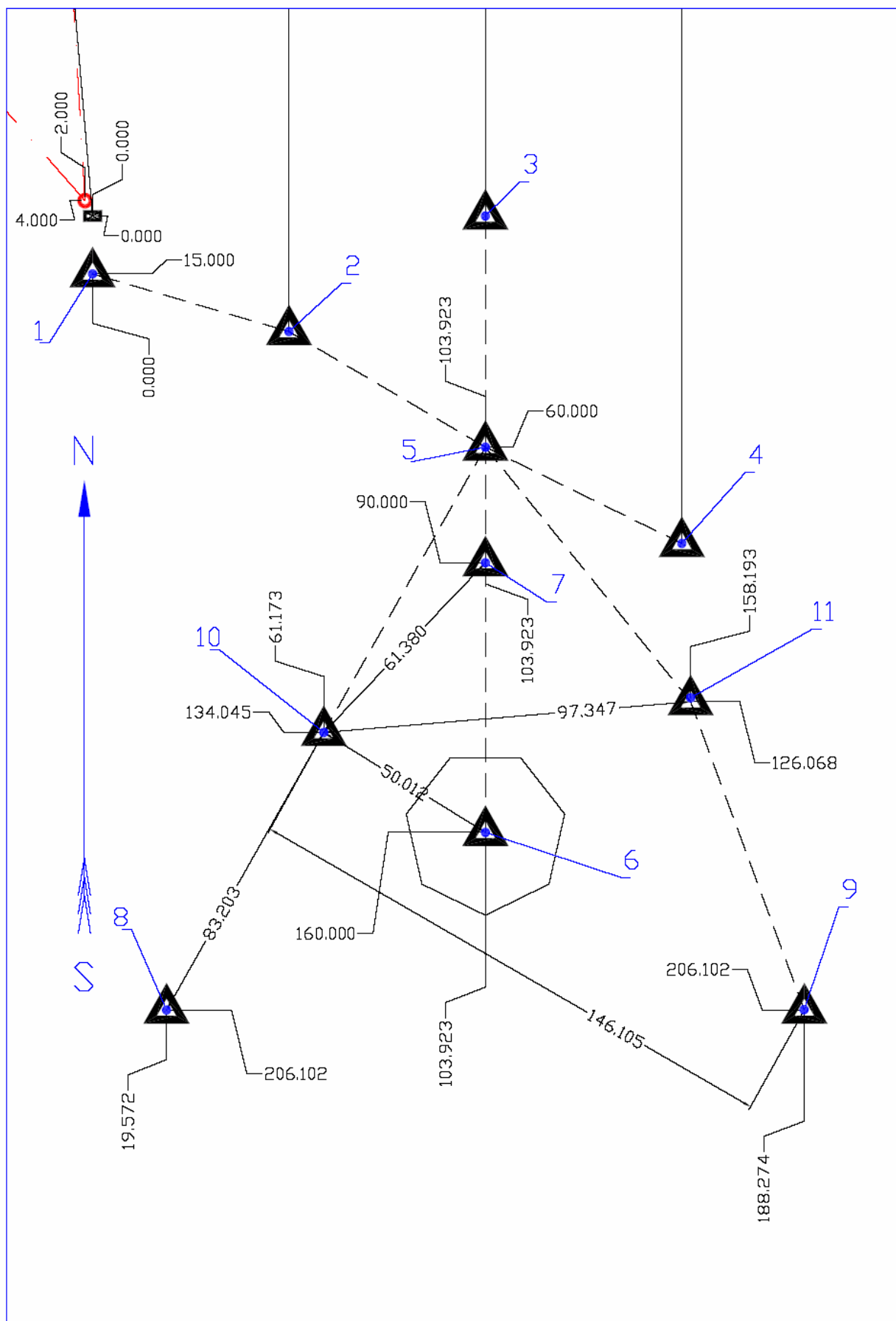


Рисунок 2.1. Карта-схема расположения элементов БНТ
(Расстояния и расчетные координаты точек даны в метрах)

2.1. Подготовка к подъему глубоководного оборудования

Большинство притопленных буйковых станций (ПБС) связаны между собой кабельными перемычками, поэтому последовательность подъема должна быть вполне определенной. Подготовка к подъему включает следующую последовательность действий:

- разметку ледового лагеря,
- подготовку майн для водолазных работ по поиску притопленных буйковых станций,
- непосредственно водолазные работы,
- развертывание ледового лагеря,
- постановку СПУ (спуско-подъемных устройств),
- поднятие станций и наладка.

В экспедицию 2008 г. ситуация была осложнена тем, что притопленные буйковые станции NT200+ были опутаны рыболовными сетями и смещены от штатных точек. Поскольку верхние буи станций находятся на глубине 15-18 метров и разнесены на расстояния до 100 метров, их поиск водолазами даже в штатном режиме крайне затруднен, поскольку при наличии на льду снежного покрова дистанция поиска сокращается до 5 метров. Кроме того, чтобы не повредить кабельные перемычки при подъеме, необходимо было представить полную картину положения и состояния связей станции: кабельные перемычки — рыболовные сети. Для их определения использовался рыбопоисковый эхолот Fishing Buddy 2255, а также был оперативно собран прибор подводного визуального наблюдения на основе сетевой веб-камеры DSC-950, помещенной в герметичный прочный корпус и соединенной с DSL модемом AVIV-16s. Этот прибор через геофизический кабель КГЗ-60-90 был подсоединен к такому же модему, через который видеоинформация поступала на персональный компьютер. Схема представлена на рисунке 2.1.1.



Рисунок 2.1.1: Схема системы подводного видеонаблюдения

Этот прибор позволял наблюдать объекты на расстоянии до 15 м. С его помощью были обнаружены и устранены водолазами все нештатные подводные связи, что позволило продолжить дальнейшую работу в штатной последовательности.

2.2. Подъем НТ200 и внешних стрингов

Вследствие неисправностей, возникших в течение года эксплуатации установки НТ200+, в соответствии с планом были подняты под поверхность 2 внешних стринга телескопа НТ200 для проведения ремонтных работ.

В результате контрольного осмотра геофизического кабеля, являющегося буйрепом НТ200, было обнаружено разрушение броневых проволок внешнего повива на некоторых участках за счет многолетней коррозии. Поскольку данный кабель при операции подъема испытывает значительные нагрузки (до 2 кН), во избежание разрыва, была проведена замена неисправного кабеля на новый того же типа.

Внешние стринги и НТ200 подсоединены к общему щиту (на ПБСЦ) через грузонесущие геофизические кабели и накладные, в том числе, коаксиальные кабели для передачи аналоговых сигналов. Самым слабым местом на этом этапе являются операции, связанные с накладными кабелями, поскольку они защищены только полиэтиленовой оболочкой. Однако ранее приобретенный опыт позволил избежать их повреждений.

2.3. Ремонт гирлянд телескопа НТ200 и внешних стрингов

Электронные и оптические компоненты стринга расположены последовательно на вертикальных буйрепах ПБС. И, чтобы демонтировать неисправный элемент, нужно демонтировать все выше расположенное оборудование. В результате на НТ200 были полностью или частично демонтированы и затем вновь развернуты 5 стрингов.

Т.к. один из этих стрингов был центральным, а у него внизу располагался подлежащий ремонту азотный лазер, использующийся для временной привязки каналов НТ200, для демонтажа этого стринга было необходимо провести демонтаж рамы телескопа, к которой подсоединены распорные штанги для крепления периферийных стрингов НТ200 (гептагон). Демонтаж рамы требует больших трудозатрат и не позволяет одновременно работать с периферийными стрингами, которые к этому моменту не отсоединены от механической конструкции НТ200. Т.к. работы по демонтажу и сборке были заранее и правильно спланированы, стринг и лазер были успешно демонтированы, а после отладки собраны и протестированы. В этот же период было заменено сломанное колено штанги №3.

В ходе монтажных работ на НТ200+ были полностью демонтированы и затем смонтированы два внешних стринга: ПБСВ(2) и ПБСВ(3).

2.4. Монтаж экспериментального стринга

Во время экспедиции был смонтирован стринг, который является прототипом стандартного стринга для будущего детектора километрового масштаба. В установленной конфигурации стринг состоит из 6-и оптических модулей(ОМ), модуля электроники стринга, модуля подводного компьютера и модуля световой матрицы для временной калибровки ОМ. В отличие от стандартных стрингов НТ200+, ОМ устанавливается не в паре с другим ОМ, а как одиночный регистрирующий элемент. Архитектура стринга такова, что

количество кабельных соединений уменьшено вдвое, что значительно повышает надежность системы. Данный стринг, как и все остальные соединен с общим щитом, на котором находятся система передачи информации на берег и модуль связи со всеми составляющими компонентами установки НТ200+. В отличие от других «внешних» стрингов, где буйрепом служит бронированный геофизический кабель, в данном случае использовался специальный кабель содержащий 2 коаксиальных провода, 2 изолированных витых пары и 3 токоведущие жилы. Бронева оплетка кабеля состоит из металлических проволок залитых полиэтиленом. Поскольку кабель является грузонесущим, это позволяет, в отличие от внешних стрингов, не использовать накладной кабель, что приводит к уменьшению и временных и человеческих ресурсов, затрачиваемых на развертывание стринга. Также, уменьшение общего веса буйрепа и отсутствие накладного кабеля, позволило не устанавливать промежуточные буи. В то же время приобретение опыта работы с подобным кабелем при постановке и условие безразрывного соединения с общим щитом через подповерхностную кабельную линию замедлили выполнение подключения стринга в общую систему сбора данных. Однако работы были выполнены в срок, а установленный новый стринг работает в штатном режиме.

2.5. Выводы

Все работы, намеченные научной программой Байкальской экспедиции в 2008 г. по ремонту и установке нового оборудования, выполнены кроме прокладки новой донной кабельной линии связи детектора НТ200+ с береговым центром управления и сбора данных общей длиной 7 км. В этот раз линию связи не удалось проложить из-за необычно тяжелой ледовой обстановки в прибрежной зоне. Для укладки кабеля во льду прорезается сквозная щель. Но в полосе шириной 600 м между берегом и телескопом образовалось поле торосов, в котором не удалось прорезать сквозную щель. Прокладка кабеля отложена до следующей экспедиции.

3. Проведение работ по профилактике и модернизации регистрирующей системы БГНТ и аппаратуры для мониторинга гидрологических характеристик оз. Байкал во время экспедиции 2008 г.

3.1. Штатный ремонт и модернизация глубоководной акустической системы определения координат

В начале экспедиции до отрыва от грунта гептагона установки НТ200 были произведены измерения его координат из ледового лагеря с помощью акустической системы ГАСИК. Координаты установки и их изменения, определяемые режимом и условиями спуско-подъемных работ и гидрологическими характеристиками озера, измеряются, так как они, наряду с регистрируемыми вспышками света, являются данными для восстановления направлений прихода космических частиц. Результаты измерений приведены в Таблице 3.1.1 и на Рисунке 3.1.1.

Таблица 3.1.1. Данные по измерению координат Гептагона 29.02.2008

Номер контроллера	Координаты			Средне-квадратичное отклонение	Число маяков
	X	Y	Z		
91	-14.920	2.079	4.040	.019	2
78	-163.385	128.083	174.831	.018	2
86	-135.835	109.024	259.828	.019	2
75	-162.860	86.558	174.083	.022	2
85	-176.151	115.973	91.997	.019	2

Таблица 3.1.2. Данные по измерению координат Гептагона 05.03.2008

Номер контроллера	Координаты			Средне-квадратичное отклонение	Число маяков
	X	Y	Z		
91	-14.786	2.199	4.658	.44518	4
99	-156.106	108.612	158.350	.19794	4
79	-156.110	108.589	158.572	.12726	4
72	-156.902	107.206	156.820	.75170	4
78	-162.785	127.645	174.178	.27056	4
86	.000	.000	.000	.00000	0
87	-135.456	108.916	174.123	.20585	4
83	162.111	86.596	259.559	.48130	4
75	-162.513	86.548	174.210	.43649	4
70	-175.669	116.170	174.308	.24925	4
85	-176.097	116.063	92.377	.04770	4

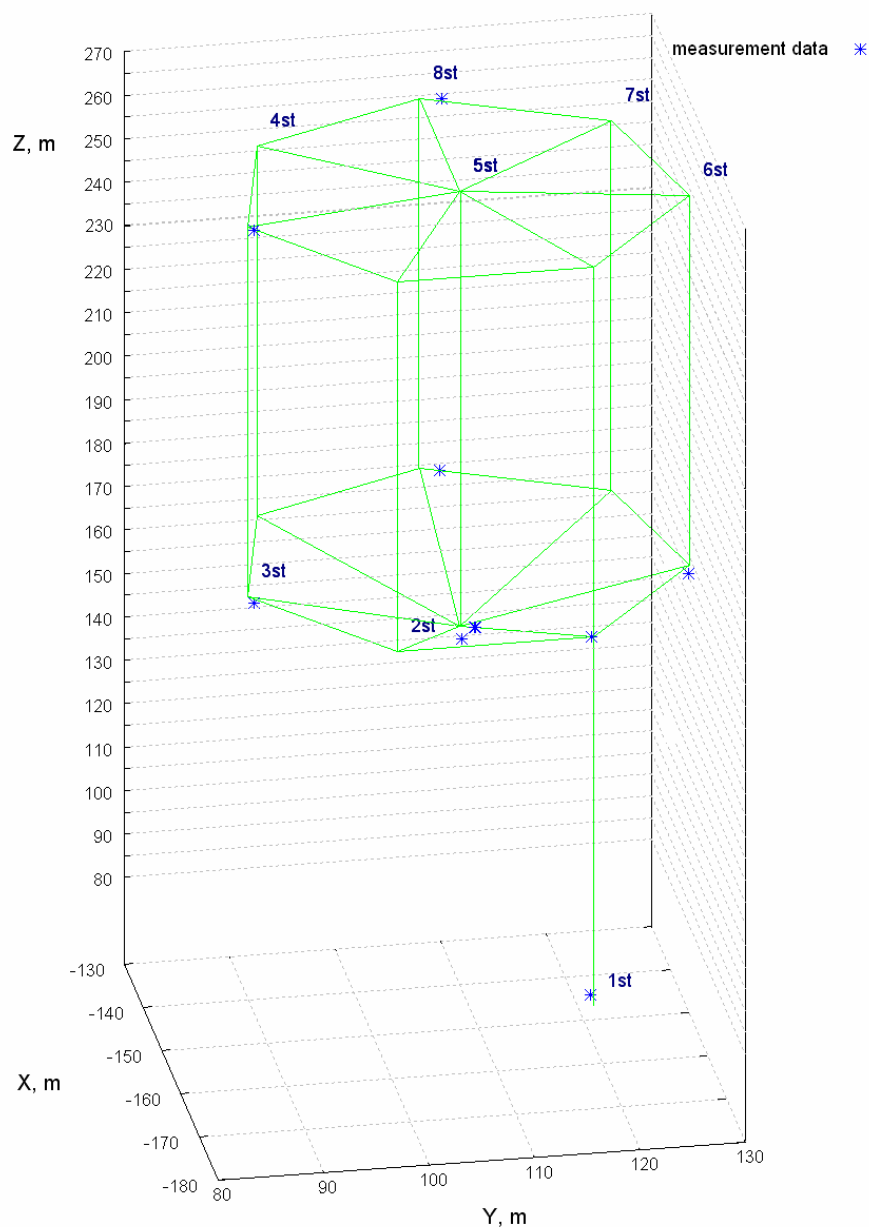


Рисунок 3.1.1. Положение установки НТ200 при постановке в 2007 г.

В течение экспедиции проводилось тестирование и, при необходимости, ремонт ИНД и ФЗМ, которые уже были в эксплуатации. Проверено 11 приборов. Произведены замена батарей и профилактические работы для трёх маяков (st2_#2, st6_#4, st1_#5)

В течение экспедиции измерялось положение ледового репера. Измерения показали значительные движения ледового покрова за время

измерений (Reper_L) (Рисунок 3.1.2). Так же были проведены геодезические измерения координат приборов на гидрологическом стринге (Gidra), лазерном стринге (Lazer) и приборов во временной майне (tmp_IND). Акустические измерения координат приборов показали расхождения с геодезическими. Расхождения того же масштаба, что и подвижки льда. При установке маяков такие подвижки очень критичны. Во время экспедиции был испытан и установлен двухканальный коммутатор гирлянд НТ200.

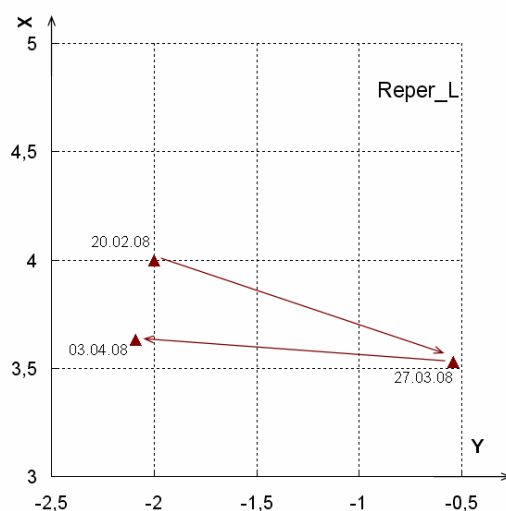


Рисунок 3.1.2. Сдвижка ледового репера в 2008 году по геодезическим измерениям с берега.

В Таблице 3.1.2 приведены координаты маяков пересчитанные с учетом подвижек льда и использовавшиеся при восстановлении координат.

Таблица 3.1.2. Пересчитанные координаты.

X	Y	Z
263,615	485,106	3,51
-286,91	-528,155	4,131
255,158	-377,26	5,96
603,883	66,712	6,36
-595,071	-15,705	2,286
-313,001	514,179	2,081

Результаты измерения координат установок НТ200, НТ200+ и прототипа НТ1000 после постановки в 2008 г. приведены в Таблице 3.3 и на рисунках 3.1.3, 3.1.4 и 3.1.5.

Таблица 3.1.3. Координаты приборов ГАСИКа за 2008 г.

Дата измерений	Номер контроллера	X	Y	Z	Средне-квадратичное отклонение	Количество маяков
07.04.2008	65	-206.39	21.13	2.04	15.98	6
08.04.2008	65	-206.18	21.13	4.00	11.54	5
01.05.2008	65	-206.34	21.30	4.03	17.24	5
02.05.2008	65	-206.53	21.27	4.03	22.57	5
07.04.2008	66	-205.47	189.99	3.96	14.38	6
08.04.2008	66	-205.18	190.06	4.09	16.80	5
01.05.2008	66	-205.33	189.87	3.95	6.41	5
02.05.2008	66	-205.37	189.84	3.98	6.77	5
07.04.2008	67	-205.71	21.93	188.33	0.39	6
08.04.2008	67	-205.55	22.02	188.24	1.29	5
01.05.2008	67	-205.38	21.98	188.18	1.62	5
02.05.2008	67	-205.29	21.97	188.02	1.41	5
07.04.2008	68	-203.67	189.55	189.09	3.15	6
08.04.2008	68	-203.57	189.70	189.07	0.86	5
01.05.2008	68	-202.70	189.58	188.91	0.61	5
02.05.2008	68	-202.71	189.56	188.84	0.64	5
07.04.2008	70	-175.45	95.31	187.49	0.96	6
08.04.2008	70	-178.42	96.73	175.20	0.86	6
08.04.2008	70	-178.34	96.88	175.01	0.06	5
01.05.2008	70	-178.36	96.91	174.84	0.38	5
02.05.2008	70	-178.40	96.88	174.84	0.41	5
07.04.2008	75	-144.42	91.12	189.71	0.74	6
08.04.2008	75	-146.84	91.40	175.11	0.85	6
08.04.2008	75	-146.79	91.51	174.90	0.50	5
01.05.2008	75	-146.74	91.66	174.74	0.33	5
02.05.2008	75	-146.76	91.66	174.75	0.39	5
07.04.2008	76	-167.41	127.28	192.03	3.68	6
08.04.2008	76	-168.11	127.83	175.21	1.10	6
08.04.2008	76	-168.02	128.03	174.88	0.21	5
01.05.2008	76	-168.03	128.04	174.72	0.06	5
02.05.2008	76	-168.04	128.05	174.77	0.12	5
07.04.2008	78	-179.02	113.05	190.36	2.64	6
08.04.2008	78	-180.84	114.44	175.47	0.89	6
07.04.2008	80	-167.49	127.13	276.88	3.11	6
08.04.2008	80	-167.88	127.70	259.83	0.57	6
08.04.2008	80	-167.88	127.79	259.79	0.82	5
01.05.2008	80	-167.85	127.85	259.63	0.29	5
02.05.2008	80	-167.84	127.83	259.64	0.22	5
07.04.2008	81	-154.12	107.30	181.02	3.07	6
08.04.2008	81	-153.81	107.40	175.44	0.94	6
08.04.2008	81	-153.78	107.57	175.15	0.31	5
01.05.2008	81	-153.89	107.70	175.03	0.13	5
02.05.2008	81	-153.87	107.71	175.08	0.21	5
07.04.2008	82	-154.00	107.35	266.46	3.40	6
08.04.2008	82	-153.70	107.47	260.71	0.48	6
08.04.2008	82	-153.67	107.56	260.64	0.60	5
01.05.2008	82	-153.67	107.65	260.47	0.39	5
02.05.2008	82	-153.70	107.64	260.48	0.39	5
07.04.2008	83	-144.29	91.10	275.14	1.11	6
08.04.2008	83	-146.57	91.63	260.46	0.67	6
08.04.2008	83	-146.60	91.66	260.41	0.64	5
01.05.2008	83	-146.50	91.79	260.26	0.50	5
02.05.2008	83	-146.56	91.77	260.32	0.40	5
28.03.2008	84	-134.13	62.38	70.30	0.00	3
07.04.2008	84	-134.31	62.58	71.78	1.61	6

08.04.2008	84	-134.07	62.70	72.06	0.55	5
01.05.2008	84	-133.42	62.70	71.36	0.81	5
02.05.2008	84	-133.44	62.74	71.08	1.08	5
07.04.2008	85	-175.44	95.35	105.90	1.27	6
08.04.2008	85	-178.30	96.64	93.82	2.01	6
08.04.2008	85	-178.16	96.83	93.20	0.04	5
01.05.2008	85	-178.22	96.81	92.98	0.16	5
02.05.2008	85	-178.23	96.79	93.00	0.19	5
07.04.2008	86	-148.75	127.05	278.31	1.20	6
08.04.2008	86	-149.91	126.19	260.48	0.56	6
08.04.2008	86	-149.88	126.29	260.32	0.98	5
01.05.2008	86	-149.86	126.39	260.24	0.24	5
02.05.2008	86	-149.87	126.36	260.24	0.12	5
07.04.2008	87	-148.74	127.28	192.71	3.72	6
08.04.2008	87	-149.89	126.40	175.28	1.00	6
08.04.2008	87	-149.83	126.56	174.91	0.39	5
01.05.2008	87	-149.84	126.58	174.82	0.09	5
02.05.2008	87	-149.85	126.57	174.81	0.06	5
07.04.2008	89	-91.09	106.33	4.02	20.17	6
08.04.2008	89	-90.97	106.30	4.01	14.89	5
01.05.2008	89	-91.08	106.45	4.04	9.86	5
02.05.2008	89	-91.20	106.47	4.02	13.70	5
28.03.2008	91	-14.89	2.65	11.29	0.25	3
07.04.2008	91	-15.40	2.78	22.74	3.90	6
08.04.2008	91	-15.90	3.83	2.36	7.05	6
08.04.2008	91	-16.04	3.89	2.14	7.03	5
01.05.2008	91	-15.74	3.79	2.37	10.25	5
02.05.2008	91	-15.89	3.78	2.54	13.21	5
07.04.2008	94	-15.42	2.70	26.05	1.45	6
08.04.2008	94	-15.92	3.64	2.70	3.04	6
08.04.2008	94	-15.86	3.77	2.74	8.51	5
01.05.2008	94	-15.79	3.96	2.15	8.76	5
02.05.2008	94	-15.88	3.95	2.57	8.50	5
07.04.2008	95	-91.62	106.16	189.91	1.26	6
08.04.2008	95	-90.41	106.50	190.01	1.21	5
01.05.2008	95	-90.46	106.37	189.85	0.33	5
02.05.2008	95	-90.41	106.40	189.82	0.30	5
07.04.2008	97	-178.98	112.93	275.83	3.18	6
08.04.2008	97	-180.69	114.36	260.90	0.46	6
08.04.2008	97	-180.59	114.51	260.80	0.05	5
01.05.2008	97	-180.59	114.53	260.66	0.22	5
02.05.2008	97	-180.61	114.52	260.70	0.25	5

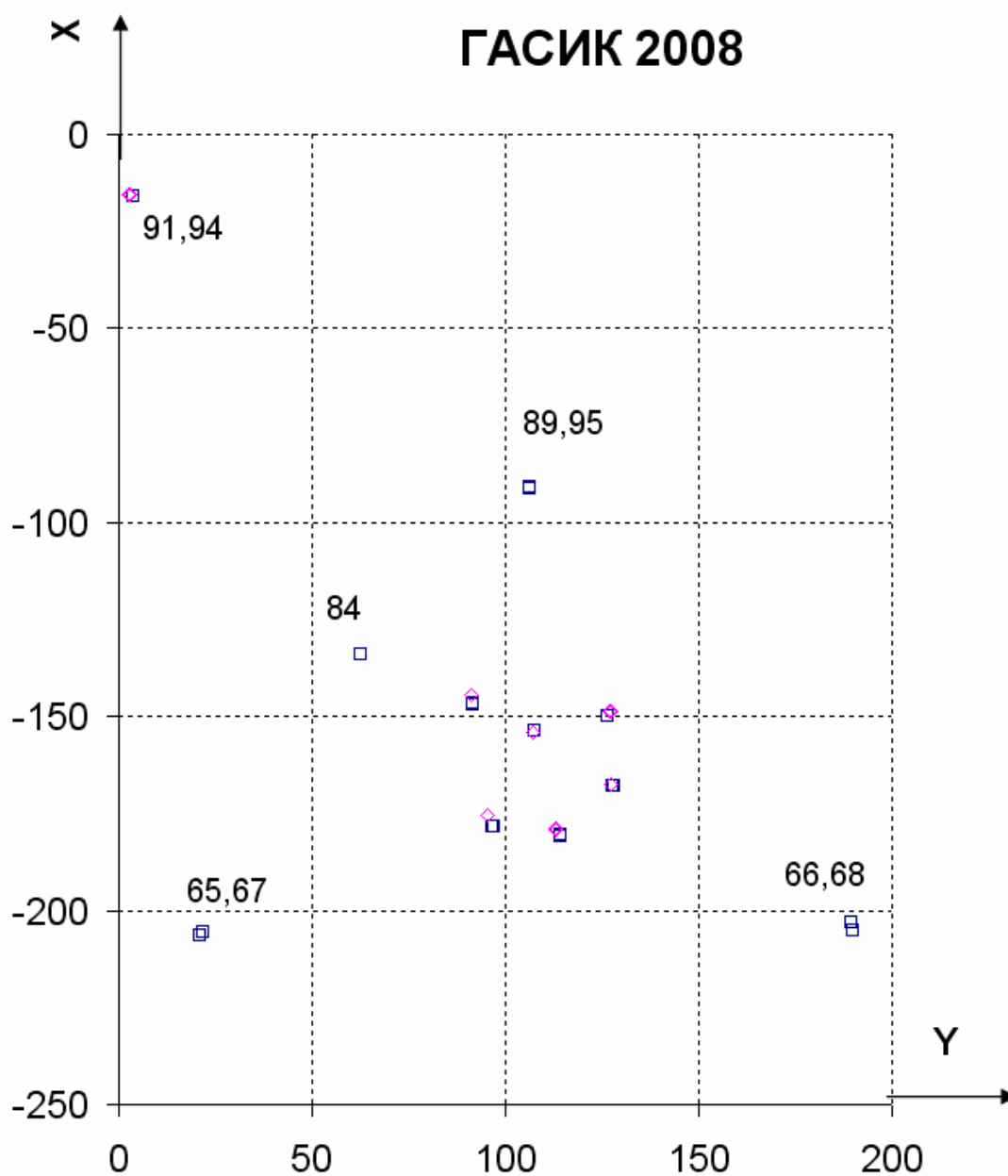


Рисунок 3.1.3. Положение приборов ГАСИК в плоскости XY после постановки 2008 г.

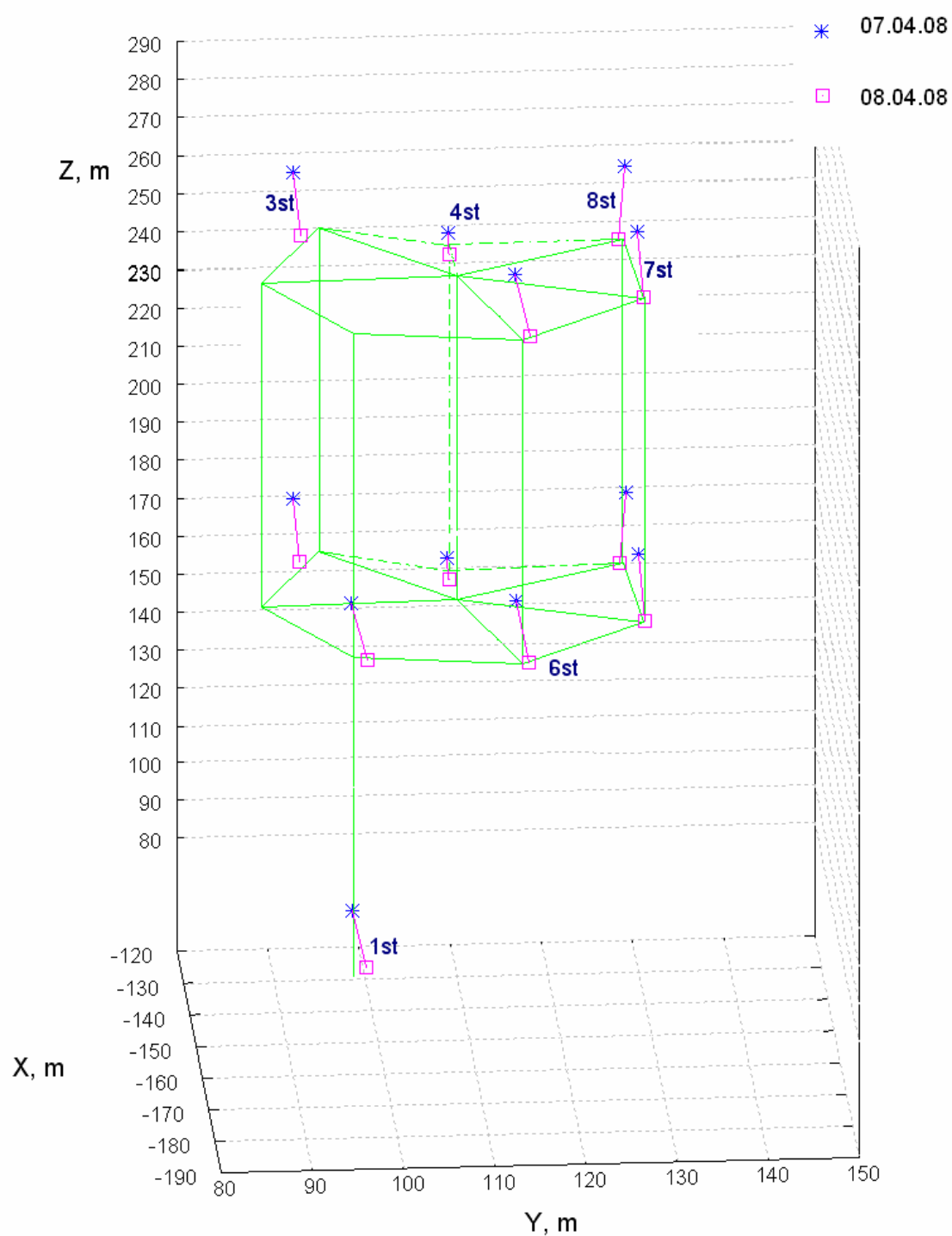


Рисунок 3.1.4. Положение приборов ГАСИК установки НТ200 до и после постановки на грунт в 2008 году

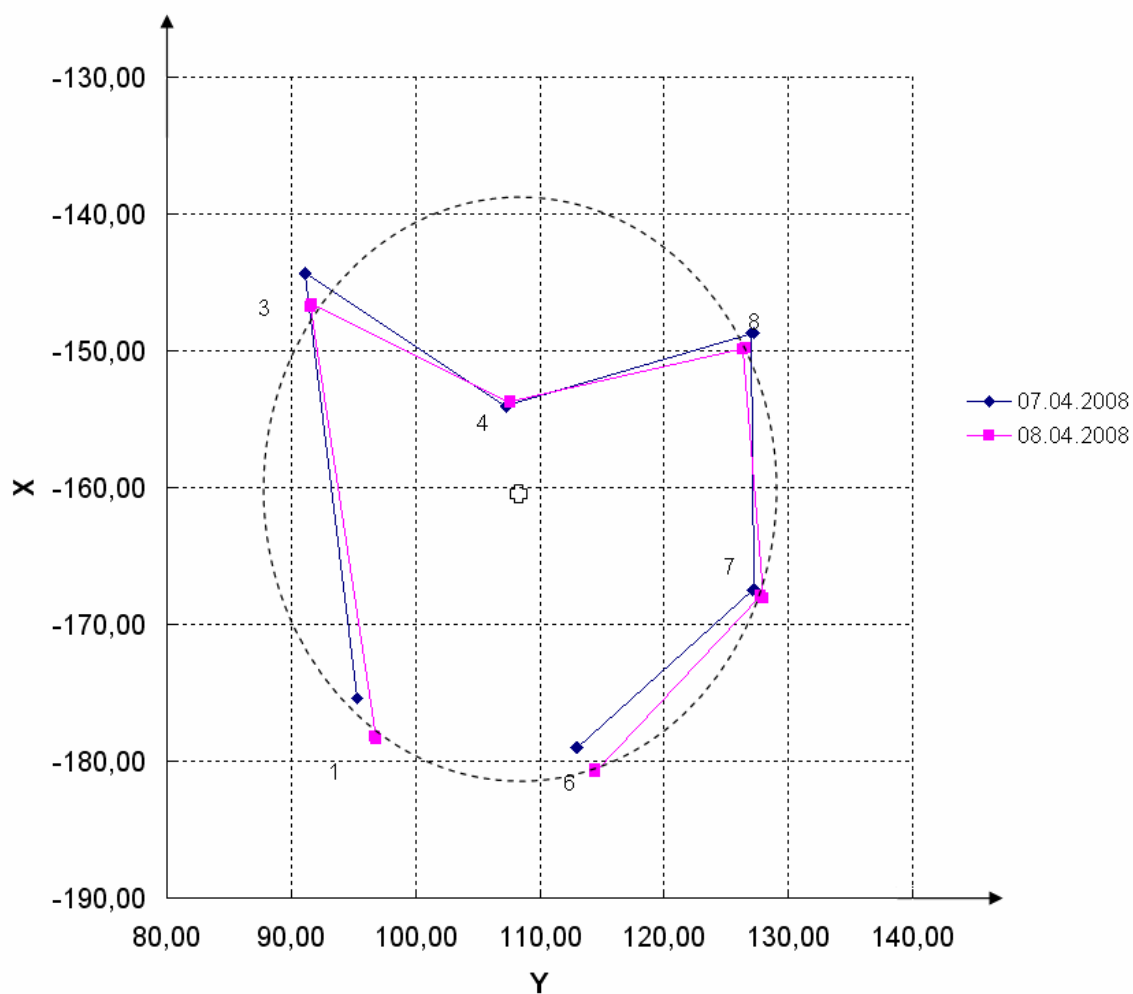


Рисунок 3.1.5 Положение приборов ГАСИК в плоскости XY до и после постановки в 2008 г.

Как видно из рисунков 3.1.4 и 3.1.5, по-видимому, сломана штанга 4-ой гирлянды гептагона.

3.2. Исследование гидрологических и оптофотометрических свойств озера, монтаж и постановка на долговременную эксплуатацию аппаратуры

Озеро Байкал является сложной интегрированной физической, биологической, химической и геологической системой. Несмотря на постоянную стратификацию глубинных байкальских вод, вся водная толща озера насыщена кислородом, более того кислород проникает даже на несколько сантиметров в донные отложения. Это возможно только благодаря наличию в Байкале эффективных процессов вертикального обмена, которые обеспечивают перенос насыщенных кислородом поверхностных вод в глубинную зону. Высокая интенсивность вертикального водообмена играет очень важную роль и в других процессах. Например, обеспечивается эффективный возврат из глубинной зоны различных биогенных веществ, причем количество таких возвращаемых из глубинной зоны веществ по порядку величины близко к количеству веществ, поступающих в озеро извне. В результате, и биологические, и биогеохимические процессы существенно зависят от вертикального водообмена. Более того, без кислорода не могли бы нормально существовать глубоководные байкальские эндемики, не мог бы окисляться метан в донных отложениях и в водной толще. Правильное понимание механизмов водообмена и взаимного влияния всех процессов является необходимым условием для того, чтобы иметь возможность делать корректные выводы об изменениях биологической продуктивности и биоразнообразия на основе анализа донных отложений.

Задачи исследований по данному разделу проекта состояли в следующем:

- развитие новых физических методов исследования динамических процессов в озере Байкал,
- проведение долговременного многопараметрического мониторинга гидрофизических процессов в районе размещения Байкальского глубоководного нейтринного телескопа с помощью распределенной в

большом водном объеме сети гидрологических, акустических и других приборов,

- построение на базе полученных данных моделей процессов горизонтального и вертикального тепло- и массопереноса.