

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

ISSN 1997-8650

декабрь
6/2008

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НАЛОГОВЫЙ КОДЕКС ОТРАСЛИ НЕ ПОМОЖЕТ

СРО: Старые ошибки по новым правилам

Олимпийские объекты: допускают не каждого

**Сколько весит общественная
экологическая экспертиза**

**Градостроительство:
социально-экономические аспекты**

При поддержке:



**АНДРЕЙ КОШУРНИКОВ**

Генеральный директор ООО «МГУ-Геофизика»

ЮРИЙ ЗЫКОВ

Заведующий лабораторией кафедры геокриологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

АНДРЕЙ ПАНИН

Доцент кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

ЕВГЕНИЙ СИЗЫХГлавный геолог
ООО «МГУ-Геофизика»**ЕКАТЕРИНА ПЕТРУХИНА**Главный геофизик
ООО «МГУ-Геофизика»**ЕВГЕНИЙ КОНСТАНТИНОВ**

Студент кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

ЕВГЕНИЯ СЕЛЕЗНЕВА

Студентка кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

КИРИЛЛ ПРОСУНЦОВ

Студент кафедры геокриологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

ДАРЬЯ АЛЕКСЮТИНА

Студентка кафедры геокриологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

ИЗУЧЕНИЕ МЁРЗЛОГО ОСНОВАНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА «КРЕПОСТЬ ПОР-БАЖЫН» (ТУВА)



Рис. 1. Вид «Крепости Пор-Бажын» с вертолёта

На небольшом, площадью всего 6 га, острове в горном озере Тере-Холь расположен уникальный археологический памятник — Пор-Бажын, что в переводе с тувинского означает «глиняный дом» (рис. 1). Озеро располагается в юго-западном углу малой впадины байкальского типа (Уфлянд и др., 1969) и имеет площадь около 30 кв. км. Памятник, внешне весьма напоминающий остатки крепости, имеет размеры 210×160 м. Первым исследователем памятника был русский археолог и этнограф Д.А. Клеменц, посетивший его в 1891 году и оставивший первое описание и первые гипотезы о его возрасте и происхождении. Ввиду крайней труднодоступности первые раскопки на памятнике были проведены лишь спустя более 60 лет С.И. Вайнштейном. Он датировал памятник временем уйгурско-го каганата (середина VIII — середина IX века) и предположил, что это именно та крепость, которую, согласно так называемой Селенгинской надписи, построил на территории нынешней Тувы второй правитель каганата каган Баян Чор в 750 году нашей эры. Особенности планировки, а также исторический контекст заставляют исследователей до сих пор высказывать различные предположения о его функциональном назначении: фортификацион-



Рис. 4. Расположение точек зондирования (желтые — ЗСБ, малиновые — ЧЗ) во впадине оз. Тере-Холь

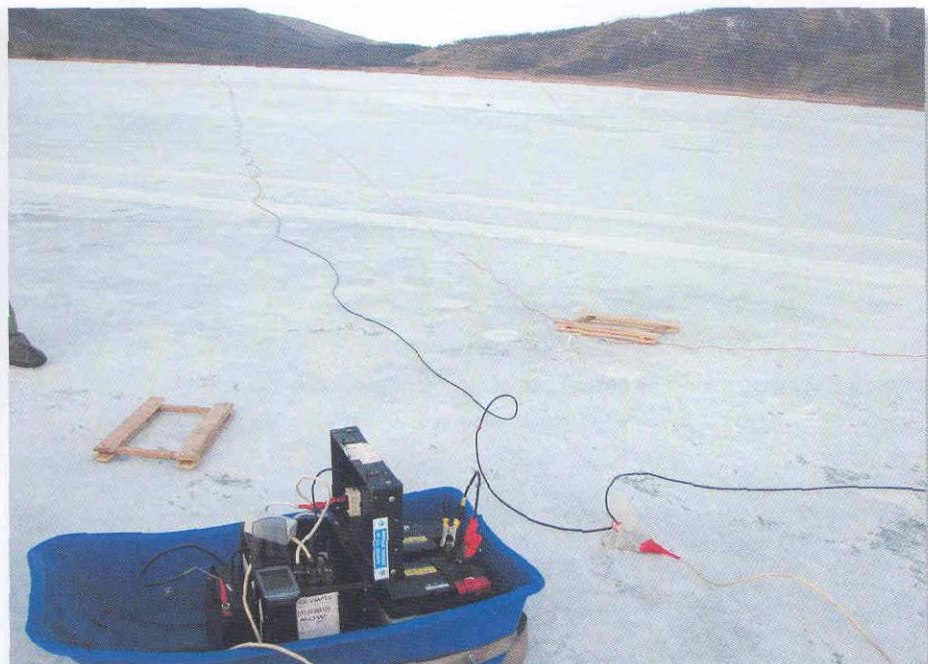
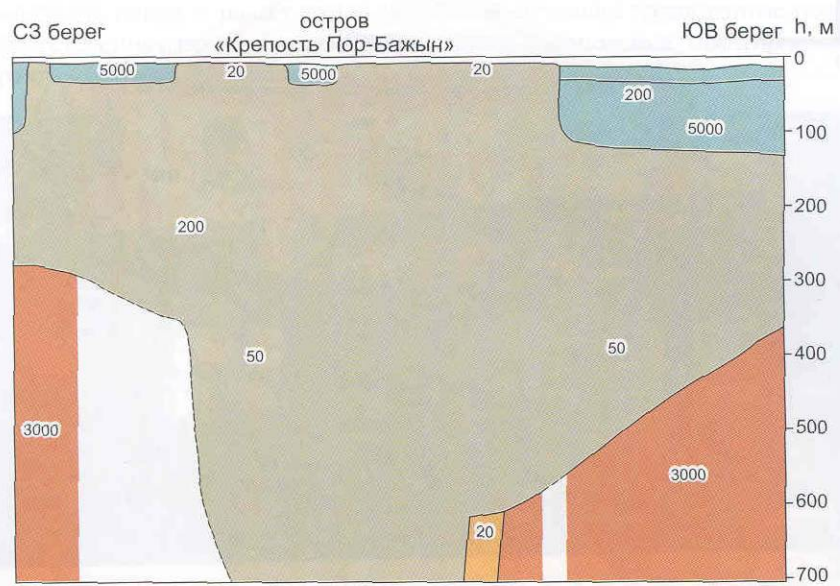


Рис. 2. Аппаратура ЗСБ во время работы



Рис. 3. Аппаратура ЧЗ во время работы



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

талые осадочные породы	высокоомные породы фундамента	значение сопротивления пород, Ом
многолетнемерзлые осадочные породы	низкоомные породы фундамента	

Рис. 5. Схематический разрез через оз. Тере-Холь по данным ЗСБ и ЧЗ



Рис. 6. Геокриологический разрез под островом «Крепость Пор-Бажин»



Рис. 7. Бурение скважины на острове

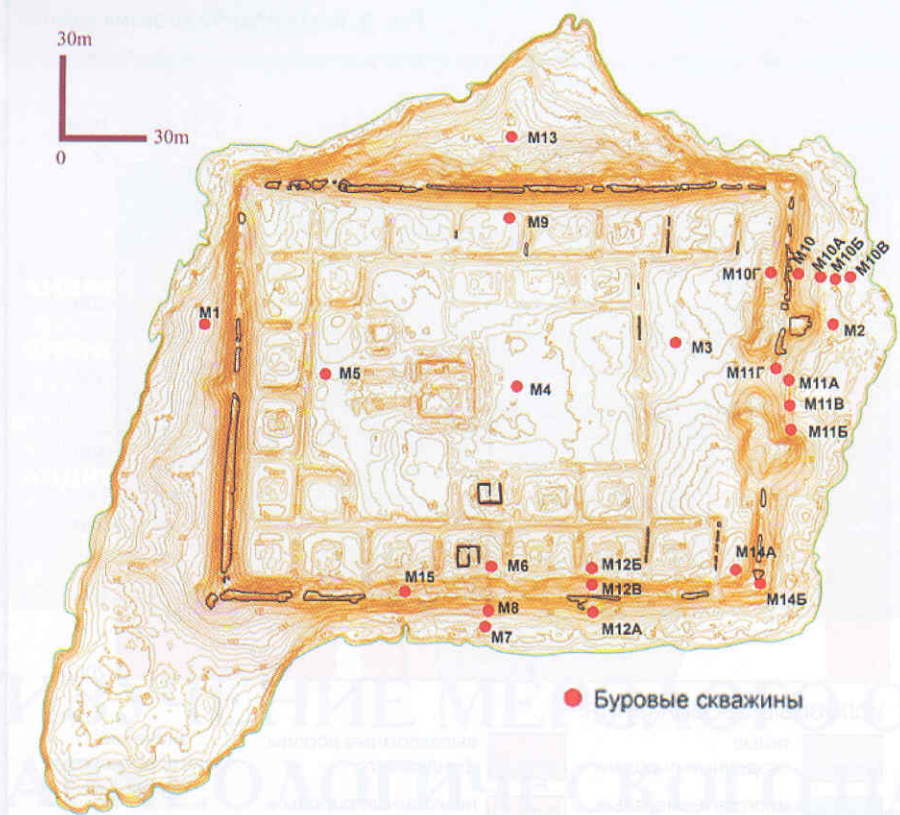


Рис. 8. Карта расположения буровых скважин на острове

ное сооружение, дворцовый комплекс, монастырь, принадлежавший представителям буддизма или манихейства (Аржанцева, 2008). Не менее загадочно природное положение памятника. Трудно предположить, что он изначально строился на острове, поскольку маловероятно, что десятки тысяч тонн строительных материалов могли быть доставлены по воде (Вайнштейн, 1964). Всем посетителям памятника, начиная с Д.А. Клеменца, местные ламы рассказывали легенды о возникновении памятника, схожие в одном: он был построен на суше, но затем из колодца, сделанного внутри крепости для водоснабжения, поднялась вода и затопила всё кругом, причем столь стремительно, что владелец дворца и его свита едва успели выбраться из крепости. Подтвердить или опровергнуть эти легенды может лишь изучение истории озера Тере-Холь естественно-научными методами.

В 2007 году был начат широкомасштабный проект планомерных исследований памятника, стимулированный угрозой его возможной скорой утраты в результате разрушения острова. Действительно, берега местами вплотную подступили к крепостным стенам (рис. 1). Проект предусматривал, с одной стороны, планомерные исследования памятника, с другой — поиск путей его сохранения. Первые же рекогносцировочные обследования показали, что на острове развита многолетняя мерзлота и помимо термоабразивного разрушения берегов существует и опасность процессов осадки при оттаивании многолетне-мёрзлых толщ. Эти процессы могут прогрессировать в случае повышения уровня озера. Всё это потребовало серьёзной оценки геокриологических условий территории памятника.

Весной 2008 года на острове и прилегающей акватории были проведены геофизические исследования методами становления поля в ближней зоне (ЗСБ) и частотного зондирования (ЧЗ). ЗСБ выполнялись для картирования структуры озёрной котловины, определения мощности и строения многолетне-мёрзлых пород, а также таликовых зон до глубин 100 м и более. Использовалась аппаратура «Цикл-7» с генераторной и приёмной петлями 100x100 м (рис. 2).

Для более детального исследования верхней (до 30–50 м) части разреза выполнялось ЧЗ аппаратурой, разработанной и запатентованной ООО «МГУ-Геофизика» (рис. 3).



Рис. 9. Бурение скважины под стенами крепости

По результатам геофизических исследований (рис. 4) были построены предварительный схематический разрез впадины озера Тере-Холь (рис. 5) и геокриологический разрез под островом «Крепость Пор-Бажын» (рис. 6). Полученные данные показали, что мощность многолетнемерзлых пород под островом «Крепость Пор-Бажын» составляет 25–30 м. За пределами озера, под берегами, мощность мерзлоты достигает 170 м. Ниже мерзлые породы отсутствуют.

Помимо мерзлотных данных, полученных по результатам геофизических работ, были собраны данные о структурных особенностях межгорной котловины, показывающие наличие кристаллического основания впадины на глубинах 300 м и более.

Верхняя часть геокриологического разреза была подтверждена результатами бурения, которые выполнялись в летний период (рис. 7).

Всего на острове было пробурено 25 скважин глубиной до 10 м. Планово-высотная привязка скважин осуществлялась высокоточным геодезическим комплексом Leica Smart Station, включавшим базовую станцию GPS, стоявшую на постоянном репере на берегу озера, GPS-ровер и электронный тахеометр. Карта расположения скважин представлена на рис. 8.

Общая глубина скважин, пробуренных с использованием мотобура, составила более 110 м. Установлено повсеместное

наличие высокольдистых ММП, в том числе под стенами крепости (рис. 9).

На глубине от 2 до 6 м льдистость грунтов изменяется от 60 до 90%. Местами встречается чистый лёд (рис. 10). На глубинах около 6 м гранулометрический состав отложений меняется с органических илов и суглинков на супеси и пески с гравием. Вместе с гранулометрическим составом значительно меняется льдистость пород — падает до 15–30%. Такое строение разреза прослеживается практически во всех скважинах.

В процессе бурения из каждой скважины отбирался керн (рис. 9), консервировался и нерастаявшим доставлялся в Москву для последующего изучения. В скважинах была выполнена термометрия. Бурение показало, что основание острова «Крепость Пор-Бажын» сложено сильнольдистыми суглинистыми породами (рис. 6) с температурой от $-0,4$ до -1°C .

В настоящее время данные, полученные в ходе полевых работ, продолжают обрабатываться.



Рис. 10. Керн, извлечённый из скважины. Хорошо виден лёд