

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА АБРАЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ СЕЛА СОСНОВКА)

© 2011 г. С.А. Браташова¹, О.Д. Смилевец²

1 – Саратовский госуниверситет

2 – Саратовский государственный технический университет

Опыт геофизического обследования исторических памятников имеет более чем полувековую практику. Например, используемая для поиска подземных сооружений электрометрия позволила итальянским археологам К.М. Лери, Е. Карабелли обнаружить в Фабриано, Вульчи и Монте Аббатоне массив подземных склепов (это был один из первых опытов ее применения в археологии). На месте античного города Вульчи под слоем грунта ими были зафиксированы фундаменты зданий, остатки каменной кладки и опоры колонн [5]. Использование инженерно-геофизических методов в г. Гнати позволило археологам С. Дичелье и Ф. Мозетти обнаружить на глубине около 3 метров от поверхности крупное подземное сооружение (40 x 25 м) [4]. В дальнейшем методы геофизики получили заметное распространение в археологической практике центральных (Псков, Ростов, Ярославль) и южных (Херсонес, Фанагория, Танаис) регионах СССР, а позднее и России [3].

Развитие инженерных неразрушающих методов исследования исторических памятников шло по направлению получения наиболее полной информации, в кратчайшие сроки с оптимальными затратами и наименьшим ущербом для самого памятника. К сожалению, они пока недостаточно задействованы в Поволжье, несмотря на то, что последние годы здесь заметно активизи-

ровался процесс разрушения культурно-исторических объектов.

Особенно заметны негативные последствия этого процесса в береговой зоне водохранилищ, активное разрушение которой продолжается более пятидесяти лет. Заполнение их ложа естественным образом поглощило часть не исследованных полностью исторических памятников. Но и после установления зеркала водохранилищ уровень интенсивности некоторых опасных экзогенных процессов, уничтожающих сохранившиеся по берегам Волги следы жизнедеятельности древнего человека, остается катастрофически высоким. Одной из наиболее опасных угроз для памятников (если исключить непосредственное антропогенное разрушение) является разрушение берегов, связанное с волнами и прибоем (абразионные процессы). Такие разрушения в настоящее время получили широкое развитие вдоль всей береговой линии водохранилища.

Большую часть года (до перекрытия Волги) берег от абразии предохраняла ширина бечевника. Многоводные годы наблюдались не часто, продолжительность пика половодья не превышала нескольких недель. Сама Волга была намного уже, что значительно снижало энергетические характеристики волн. Резкий рост абразионных рисков связан с искусственным поддержанием (большую часть года), из-за проблем судо-

ходства и энергетики, однородно высокого уровня зеркала. Естественно, скорость отступления берега не везде одинакова. Она зависит от литологии берегового уступа, его конфигурации (с учетом розы ветров) и т. п. Но вследствие того, что древние поселения, курганы, могильники чаще всего занимали наиболее выдающиеся мысы над Волгой, то и исчезали они в первую очередь. Возникает объективная необходимость в составлении точных прогнозов негативных процессов, дабы направить силы на наиболее опасные участки, которым грозит разрушение в ближайшее время. Значительную помощь в решении этой сложной проблемы могут оказать именно геофизические методы.

Наглядным примером подобных гибнущих исторических памятников являются поселения к югу от с. Сосновка, на границе Саратовского и Красноармейского районов Саратовской области. Здесь, на высоком мысу (Заевской скале), выдающемся в Волгоградское водохранилище (ширина Волги в этом месте достигает 7 км), расположено городище раннего железного века (городская культура). Оно практически ежегодно сокращает свою площадь. С этим поселением сочленяется селище эпохи бронзы Сосновка-I, изучавшееся Н.М. Маловым в 1992 г. С ним связаны богато орнаментированные многочисленные фрагменты от каменных и ивановских валиковых сосудов эпох средней и финальной бронзы (мощность его культурного слоя составляет 1,5-1,8 м), также размываемые водохранилищем. Вероятно, вблизи находятся практически неизученные памятники временного интервала энеолит – ранняя бронза, о которых свидетельствуют собранные по бечевнику Волги, между устьями рек Северная и Южная Сосновка, фрагменты керамики со штампованным орнаментом, тесто которых имеет значительные включения грубо истолченного перламутра раковин с мелкогребенчатым зигзагообразным орнаментом [1].

Для выявления наиболее проблемных участков, находящихся в состоянии близ-

ком к критическому, авторами был разработан алгоритм фиксации их площади методами симметричного электропрофилирования. Этот метод был апробирован в рамках научно-исследовательских работ кафедры геоэкологии СГУ им. Н.Г. Чернышевского и летней полевой практики студентов СГТУ в июле 2008 года. Суть его заключается в нахождении с помощью геофизических методов зон распространения разуплотнений грунтов. Повышенная глубинная трещиноватость является не только важнейшим индикатором неустойчивости клифа, свидетельствующем о наиболее высокой вероятности обрушения данного участка. Она также дает прогноз будущей площади обрушения, позволяя принять меры если не по сохранению исторического памятника, то хотя бы по вскрытию той его части, которая в ближайшие год-два будет неотвратимо уничтожена по вине опасных экзогенных процессов (выветривания и абразии).

Работы на Сосновском участке проводились методом двухразного симметричного электропрофилирования (СЭП) по схеме A'AMNBV' с разносами MN = 3 м, AV = 9 м, A'B' = 18 м) и с соответствующей глубиной исследования 3 и 6 м. Объем работ составил 80 физических точек с шагом наблюдения 1 м (для более четкого выделения границ между блоками пород).

При интерпретации графиков СЭП было выделено семь блоков с различной конфигурацией и значениями кажущегося электрического сопротивления (ρ_k) (рис.1).

I блок (ПК 1 – ПК 13) расположен в низине ложины к северу от протекающего ручья, который является границей между двумя соседними блоками пород (мелкотрещиноватыми мергелями и суглинистыми породами с $\rho_k^{AB} = 25-50$ Ом·м и $\rho_k^{A'B'} = 15-25$ Ом·м соответственно). Он сложен водонасыщенными суглинками.

II блок (ПК 13 – ПК21) сложен слабо-влажными гумусированными суглинками с $\rho_k^{AB} = 50-60$ Ом·м и $\rho_k^{A'B'} = 25-40$ Ом·м

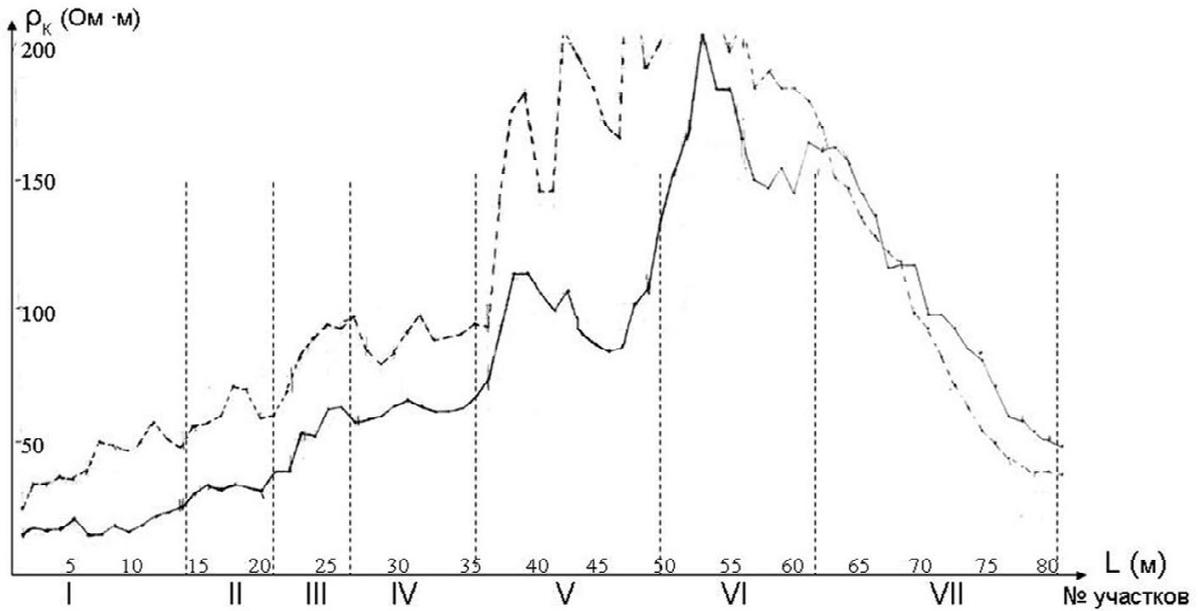


Рис.1. Внешний вид Заевской скалы летом 2008 г.; полученные значения кажущегося электрического сопротивления (ρ_k) семи выделенных блоков

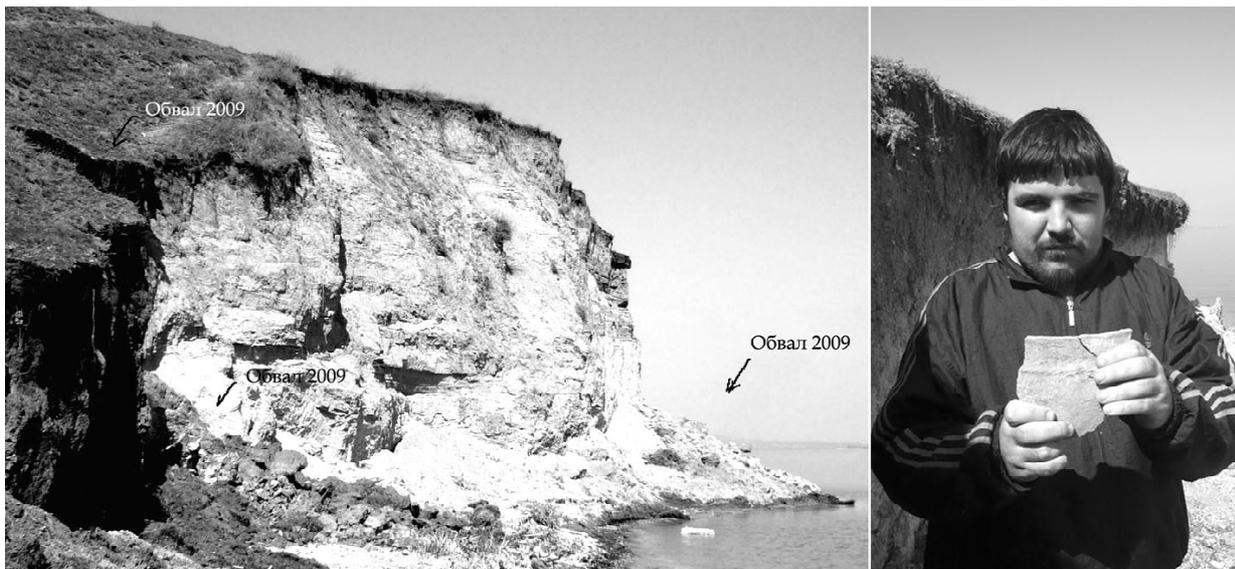


Рис.2. Обвалы блоков III, V, VI Заевской скалы весной 2009 г. Илья Браташов держит разбитые фрагменты керамики эпохи бронзы, выпавшие при абразионных обрушениях берега у с. Сосновка

Д.С. Худяков
снимок 1969 г.



С.А. Браташова
снимок 2009 г.



Рис.3. Сокращение исторического памятника Заевской скалы за последние 40 лет

и соответствует одному из оползневых участков Заевской скалы.

III блок (ПК 21 – ПК 26) сложен уплотненными супесчано-суглинистыми отложениями, создавая небольшую террасу на склоне. Форма градиента СЭП с возрастанием ρ_k от 50 до 100 Ом·м резко отличается от предыдущих блоков

IV блок (ПК 26 – ПК 35) сложен супесчано-суглинистыми отложениями. Форма графиков на обеих линиях измерений практически параллельна друг другу, причем и здесь ρ_k изменяется от 60 до 90 Ом·м.

V блок (ПК 35 – ПК 49) сложен супесчаными отложениями с $\rho_k^{AB} = 150-220$ Ом·м

и $\rho_k^{A'B'} = 80-120$ Ом·м. Наблюдается заметный рост кажущегося электрического сопротивления (ρ_k).

VI блок (ПК 49 – ПК 62) соответствует центральной части Заевской скалы, сложен супесчаными отложениями с $\rho_k^{AB} = 180-250$ Ом·м и $\rho_k^{A'B'} = 150-200$ Ом·м.

VII блок (ПК 62 – ПК 80) соответствует северной части скалы у обрыва к ручью Южная Сосновка. Сложен идентичными с V и VI блоками породами, но отличается резким понижением значений ρ_k на линиях АВ и А'В' от 170 до 40 Ом·м.

Полученные результаты нашли свое эмпирическое подтверждение последующими

крупными обвалами весной 2009 г. (рис.2). Обрушения третьего, пятого и шестого блоков полностью подтвердили зафиксированную ранее с помощью СЭП, но еще практически не заметную в 2008 г. на поверхности повышенную трещиноватость отдельных участков, приведшую впоследствии к обрушению блоков.

Общее отступление берега за 2008-2010 гг. составило на рассматриваемых участках от 1,8 (городище) до 3,7 м (селище Сосновка-I), несмотря на то, что 2010 год был исключительно засушлив, и темпы абразии в этом году из-за доминирующего низкого уровня водохранилища заметно снизились. Обвалы культурного слоя по-прежнему демонстрируют интересную как по ornamentации, так и времени создания керамику (см. рис.2). Но как долго это будет продолжаться, и сколько важной исторической информации полностью исчезнет, так и не успев дожидаться своего исследователя? На рисунке 3 представлены снимки, демонстрирующие сокращение площади исторического памятника за последние сорок лет. Их просмотр приводит к мысли о необходимости принятия экстренных мер по обследованию территории, которая в противном случае может быть безвозвратно утрачена для науки.

Авторы выражают искреннюю признательность А.С. Шешнёву и сотрудникам научно-исследовательской группы, принимавшим деятельное участие в проведении работ.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что метод двухразносного симметричного электропрофилеирования продемонстрировал свою высокую эффективность. Данные геофизики о значительном разуплотнении отдельных блоков полностью подтвердила конфигурация обвалов при половодье 2009 г. Наиболее яркое совпадение прогноза с реальной ситуацией показал седьмой блок, казалось бы, идентичный по литологии, конфигурации и прочим параметрам пятому и шестому блокам, но весьма заметно отличавшийся от них пониженными значениями кажущегося электрического сопротивления. Естественным следствием отсутствия трещиноватости пород данного блока, зафиксированное приборами в 2008 г., стало сохранение его устойчивости в 2009 г., несмотря на общие крупные обвалы.

Надежность прогнозов развития скрытых, но от этого еще более опасных экзогенных процессов (в частности – абразии), полученных с помощью геофизических методов, предоставляет возможность использовать относительно недорогую оперативную методику СЭП для эффективного выбора средств спасения памятников культурного и исторического наследия, страдающих от разрушительного воздействия созданных водохранилищ.

Л и т е р а т у р а

1. Браташова С.А. Мегалиты Сосновки //Археологическое наследие Саратовского края. – 2009. – Вып.9. – С.73-90.
2. Смилевец О.Д. Комплексные геофизические исследования верхней части геологического разреза. – Саратов: изд-во Научная книга, 2003. – 167 с. (Труды НИИ Гео СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Т.13).
3. Слукин В.М. Неразрушающие методы исследования памятников архитектуры. – Свердловск: изд-во Урал. ун-та, 1988. – 218 с.
4. Diceglie S., Mosetti F. Applicazione dei metodi geoelettrici alle esplorazioni archeologiche //Bolletino de geodesia e scienze Affini. – 1957. – Т.XVI. – № 3.
5. Lericci C. M. Prosperezioni Archaeologiche //Rivista geofisica applicata. Anno XVI. – № 1-2. – 1955.