

© С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³,
Ю.М. Пищаный², Ю.Н. Якимчук², 2008

УДК 550. 837.3

¹*Институт прикладных проблем экологии,
геофизики и геохимии, г. Киев*

²*Центр менеджмента и маркетинга в области наук
о Земле ИГН НАН Украины, г. Киев,*

³*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев*

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОПОР МОСТА

Введение. При решении разнообразных задач приповерхностной геофизики в последние годы активно используется комплекс экспресс-методов геофизических исследований, включающий геоэлектрические методы становления короткоимпульсного поля (СКИП) и вертикального электро-резонансного зондирования (ВЭРЗ), а также сейсмоакустическое и георадарное зондирование [1–4]. Ниже представлены результаты успешного применения этого комплекса для изучения внутренней структуры верхней части кристаллического массива при проектировании опор мостового перехода в г. Запорожье.

Общие сведения. Геофизические исследования по обследованию участков строительства береговых опор моста через р. Старый Днепр выполнены в октябре 2006 г. с использованием геоэлектрических и сейсмоакустических методов СКИП [1], ВЭРЗ [1, 2], сейсмоакустического [1, 4] и георадарного зондирования [3].

Задача исследований состояла в выявлении и картировании зон нарушения гранитного массива на участках строительства береговых опор моста.

Метод СКИП использовался для определения зон повышенной влажности, которые в данном конкретном случае совпадают с ослабленными и тектонически нарушенными зонами гранитоидов. Методы электрорезонансного и сейсмоакустического зондирования применялись для определения глубин до кровли гранитов, а также для выявления неоднородностей в гранитах на глубине до 25 м. Георадарным зондированием в интервале глубин до 15–20 м выделялись зоны вертикальных и горизонтальных трещин в граните.

Полевые работы проводились на двух участках р. Старый Днепр – левом (о-в Хортица) и правом берегу.

На правом берегу в районе строительства опор моста выполнено: а) 16 георадарных профилей, 10 + 6; б) 4 продольных сейсмоакустических профиля; в) 45 точек ВЭРЗ; г) 15 профилей СКИП.

На левом берегу в районе опор моста выполнено: а) 19 профилей сейсмоакустического зондирования на четырех площадках размером $5 \times 5 \text{ м}^2$ (район шарниров моста); б) 32 георадарных профиля, из них 13 на участке $60 \times 35 \text{ м}^2$ и 19 на четырех площадках $5 \times 5 \text{ м}^2$ в районе шарниров; в) 104 пункта зондирования методом ВЭРЗ на площадке $60 \times 35 \text{ м}^2$ по квадратной сетке $5 \times 5 \text{ м}^2$; г) 13 профилей СКИП.

Георадарные профили выполнялись с шагом 10 см. Расстояние между профилями 2,0; 2,5 и 5,0 м. Сейсмоакустические зондирования проводилось с шагом 1,0 м, расстояние между профилями составило 2,5 м. Съёмка методом СКИП выполнена по сетке профилей с шагом 1 м.

Результаты геофизических работ. Правый берег р. Старый Днепр. Геофизические работы в районе строительства береговых опор на правом берегу проводились по системе продольных профилей, параллельных оси трассы, и поперечных, параллельных оси шарниров (рис. 1). По данным геофизических измерений построены карты: 1) мощности рыхлых отложений (рис. 2); 2) кровли кристаллического фундамента (рис. 3); 3) суммарной мощности ослабленных зон кристаллического основания (рис. 4).

В результате выполнения комплекса геофизических работ в гранитном основании выделены субвертикальные, наклонные и горизонтальные зоны трещин, которые фиксируются по геоэлектрическим и сейсмоакустическим данным. Ширина зон – 50 – 100 см. Вертикальные зоны прослежены до глубины 15 м.

В пределах площадки исследований выделено пять субвертикальных трещин, пересекающих ось трассы. Трещины наклонены под углом 80° в северо-восточном направлении, к берегу реки. Наиболее широкая трещина расположена вдоль основания вертикальной стенки.

В центральной части площадки между вертикальными трещинами выделен опущенный блок кристаллического основания.

Горизонтальные трещины выявлены до глубины 7,0 – 7,5 м.

Зона шарнира № 1. Шарнир расположен на склоновой части скального массива в 22 м от оси магистрали. Исследования проводились по площади расположенной на 10 м выше центра шарнира (см. рис. 1– 4). Зону строительства береговой опоры в этом месте пересекают две субвертикальные трещины. По георадарному профилю С – СС, расположенному на 12 м выше центра шарнира, в краевых частях отмечены небольшие зоны горизонтальных и наклонных трещин мощностью 5 – 15 см глубиной заложения до 6,0 м. Выше по склону трещин наблюдается меньше. На рис. 5 представлены результаты георадарного зондирования по поперечному профилю П10 – П10а.

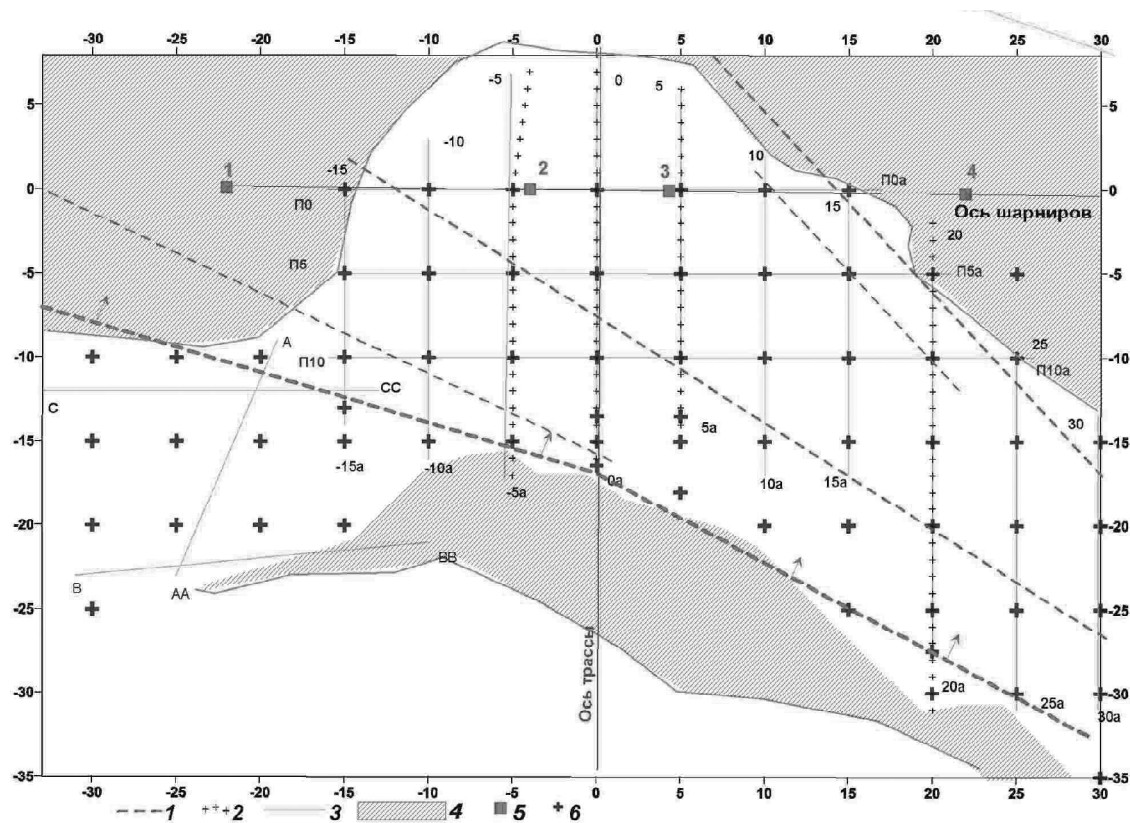


Рис. 1. Схема расположения профилей и пунктов геофизической съемки в районе строительства береговых опор на правом берегу р. Старый Днепр: 1 – наклонные и вертикальные трещины гранитного основания; 2 – пункты сейсмоакустического зондирования; 3 – георадарные профили; 4 – зона склона (обрыва); 5 – шарниры береговых опор 1 – 4; 6 – пункты зондирования методом ВЭРЗ

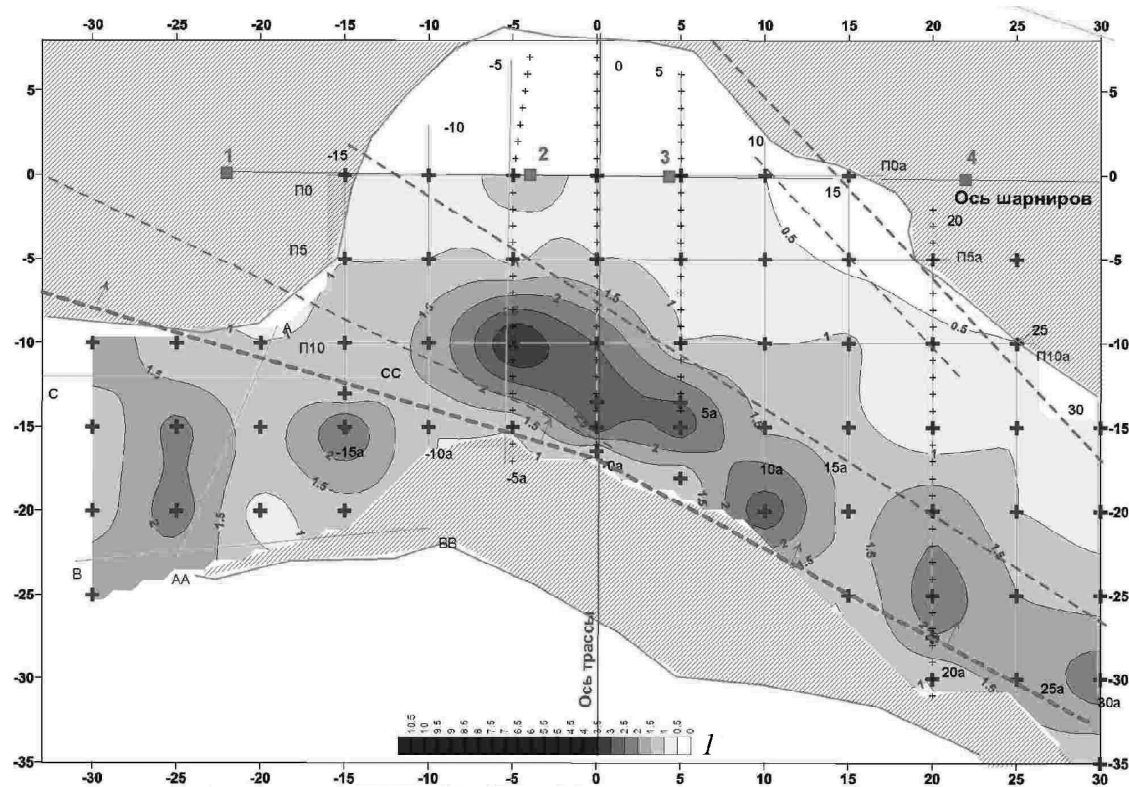


Рис. 2. Карта мощности рыхлых отложений в районе строительства береговых опор на правом берегу р. Старый Днепр: 1 – шкала мощности, м. Остальные условные обозначения те же, что и на рис. 1

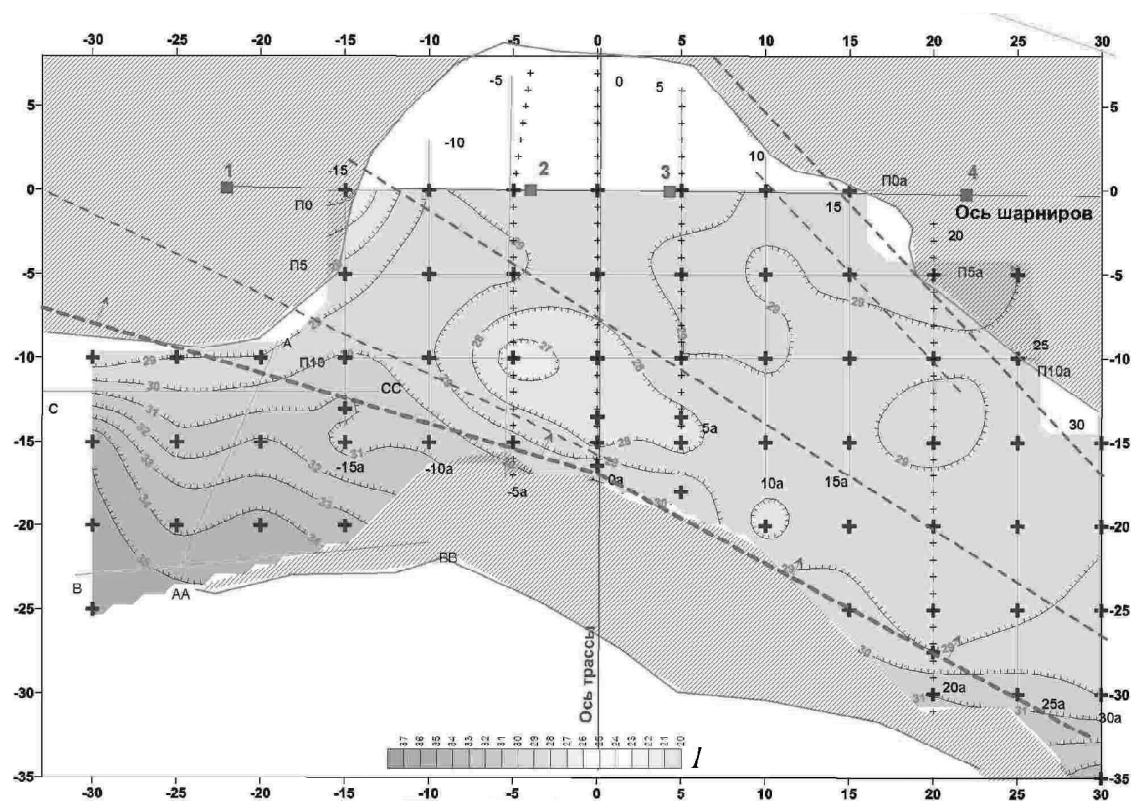


Рис. 3. Карта кровли гранитного основания в районе строительства береговых опор на правом берегу р. Старый Днепр: *I* – шкала глубин, м. Остальные условные обозначения те же, что и на рис. 1

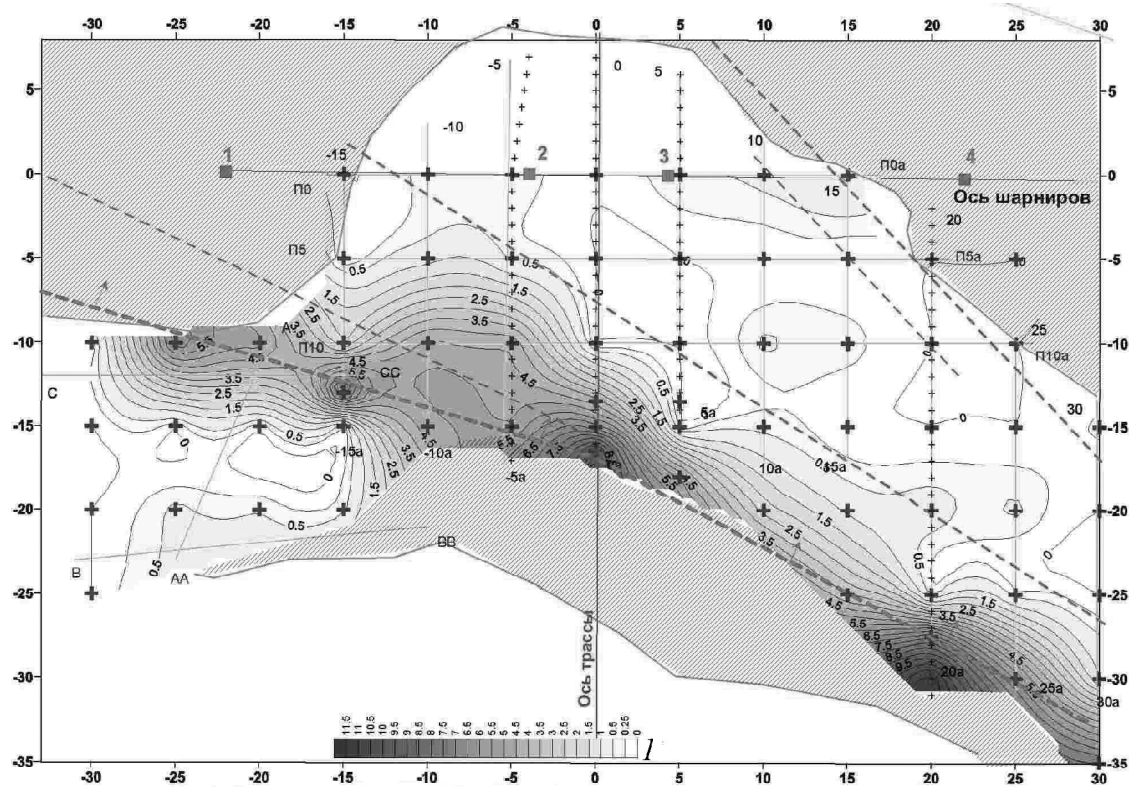


Рис. 4. Карта суммарной мощности ослабленных зон гранитного основания до глубины 25м в районе строительства береговых опор на правом берегу р. Старый Днепр: *I* – шкала мощности, м. Остальные условные обозначения те же, что и на рис. 1

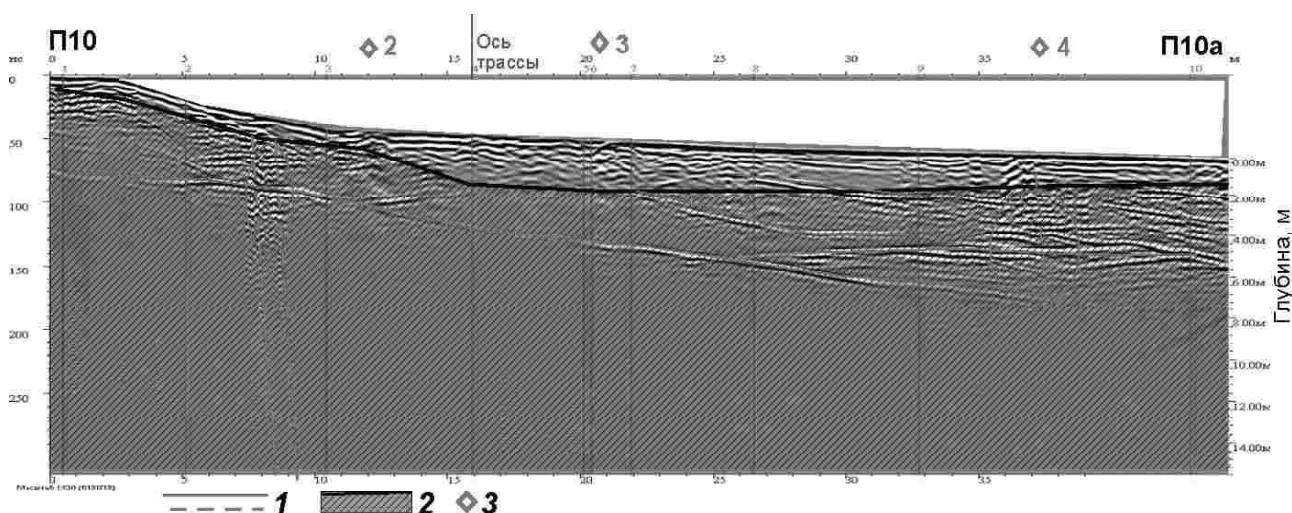


Рис. 5. Поперечный профиль георадарного зондирования П10 в районе строительства береговых опор на правом берегу р. Старый Днепр: 1 – трещины в гранитном основании; 2 – гранитное основание; 3 – шарниры № 2 – 4

Зона шарнира № 2. Центр шарнира расположен на 4 м левее оси трассы. На глубине 6 м по профилям 5–5а, 0–0а выделена трещина шириной до 40 см. Небольшие трещины отмечены на глубине около 3,0 м. На расстоянии 15 м от оси шарнира у подножия вертикального склона профиль подходит к зоне широкой трещины.

Зона шарнира № 3. Центр шарнира расположен на 4 м правее оси трассы. В пределах 10-метровой зоны вертикальные трещины скола в районе шарнира не выявлены. Горизонтальные и наклонные трещины выделены до глубины 6,0 – 6,5 м.

Отмечены два типа трещин: наклоненных в сторону крутого берега и к реке. Наклон трещин к берегу отмечается для глубины 2,0 – 4,0 м. Ниже трещины имеют противоположный наклон.

Зона шарнира № 4. Шарнир расположен на скальном склоне в 22 м правее оси трассы. Вдоль склона трассируются две небольшие вертикальные трещины. Горизонтальные и наклонные трещины в фундаменте выделены здесь до глубины 8 м.

Левый берег р. Старый Днепр (о-ве Хортица). Геофизические работы на о-ве Хортица проведены на площади $S=35 \times 60 \text{ м}^2$ (35 м по оси трассы и по 30 м с левой и с правой сторон) (рис. 6). По данным измерений построены карты, аналогичные приведенным на рис. 2–4 (в статье эти карты не приводятся).

В районе шарниров береговых опор № 7–10 проведены детальные работы по площадкам $10 \times 10 \text{ м}^2$.

В результате работ в гранитном основании выделены три основные субвертикальные зоны трещиноватости, проходящие по левой стороне трассы. Зоны фиксируются по геоэлектрическим и сейсмоакустическим дан-

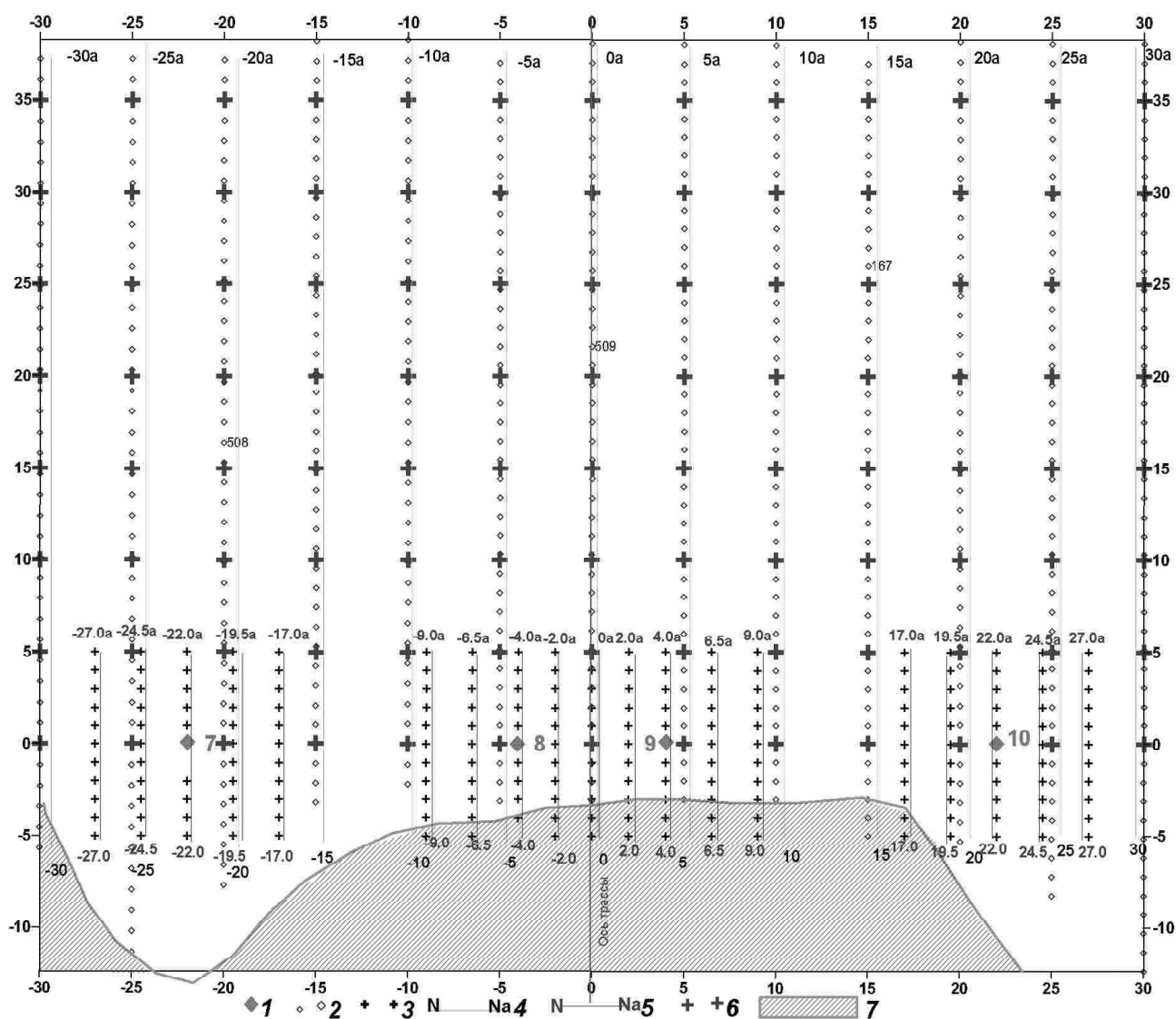


Рис. 6. Схема расположения профилей и пунктов геофизической съемки в районе строительства береговых опор на левом берегу р. Старый Днепр (о-ва Хортица): 1 – шарниры береговых опор № 7–10; 2 – точки съемки методом СК ИП; 3 – точки сейсмоакустического зондирования; 4 – длинные георадарные профили; 5 – короткие георадарные профили; 6 – пункты зондирования методом ВЭРЗ; 7 – зона обрыва

ным. Ширина зон до 50 – 70 см. Они прослежены на глубину до 15 м. Вертикальными трещинами отделяется блок выступа в районе заложения шарнира № 7.

Горизонтальные и наклонные трещины кристаллического основания прослеживаются георадарными профилями от кромки уступа на 10 – 15 м. Эта часть массива наиболее дислоцирована. Глубина заложения трещин до 5 – 6 м. Мощность ослабленной зоны по трещинам от 10 до 40 см. На карте суммарной мощности ослабленных зон наиболее дислоцированные зоны выделены между шарнирами № 7 и 8, 9 и 10.

Зона шарнира № 7. Место заложения шарнира расположено в 22 м левее от оси трассы. Центр площадки обследования смещен вверх на 20 м.

Размеры площадки обследования 10×10 м². Детальные профили георадарного и сейсмоакустического зондирования, проведены через 2,5 м. Длина профилей 10 м. Шаг сейсмоакустического зондирования 1,0 м, георадарного зондирования – 10 см.

Мощность рыхлых отложений в районе шарнира № 7 изменяется от 0,0 м у кромки уступа до 1,1 м в конце площадки.

По профилям 17–17а и 19,5–19,5а на глубине 2,0 – 2,5 м выделена зона горизонтальной трещины мощностью до 30 см. На остальных профилях, проходящих через площадку зоны № 7 значительных трещин не обнаружено. Незначительные трещины сколов выделяются до глубины 3,0 – 4,0 м.

Зона шарниров № 8 и 9. Места заложения центров шарниров расположены в 4 м левее и правее от оси трассы. Центр площадки обследования смещен вверх на 20 м. Размеры площадки обследования 18×10 м.

Мощность рыхлых отложений изменяется от 0,0 м с левой стороны у кромки уступа до 1,3 м в конце площадки.

По профилям 9–9а и 6,5–6,5а на глубине 3,5 – 4,0 м выделена зона горизонтальной трещины мощностью до 30 см. По всей вероятности эта трещина является продолжением трещиноватой зоны, выделенной на краю площадки № 7. По профилям 4–4а, 2–2а и 0–0а в районе оси шарниров (+20 м) выделяется приповерхностная наклонная трещина глубиной заложения от 0,5 до 2,0 м.

В районе зоны шарнира № 9 – 9а выделена область наклонной трещины глубиной заложения от 3,0 до 6,0 м. В районе профиля 6,5–6,5а эта трещина прослеживается на глубине 5,0 м. Незначительные по протяженности трещины выделяются по профилям до глубины 4,5 м.

Зона шарнира № 10. Место заложения шарнира расположено в 22 м правее от оси трассы. Центр площадки обследования смещен вверх на 20 м. Размер площадки обследования 10×10 м.

Мощность рыхлых отложений в районе шарнира изменяется от 0,0 м у кромки уступа до 1,7 м в конце площадки.

В местах заложения профилей 17–17а и 19,5–19,5а зона кристаллического основания разбита наклонными и горизонтальными трещинами, залегающими до глубин 7,0–7,5 м. На профилях 22–22а и 27–27а горизонтальная трещина выделена на глубине 4,0 м.

Заключение. В результате геофизических работ получены данные о нарушениях гранитного основания участка строительства береговых опор на правом и левом берегу р. Старый Днепр. Построены карты и разрезы ослабленных зон гранитного основания, выделены и протрассированы трещины сколов, горизонтальные и наклонные трещины кристаллического массива.

Геоэлектрические, сейсмоакустические и георадарные исследования по регулярной и достаточно плотной сети профилей позволяют получать детальную информацию о внутренней структуре (характере трещиноватости) верхней части кристаллического массива. Практическое применение этого комплекса геофизических методов дает возможность оперативно решать сложные задачи инженерно-геологических изысканий при строительстве мостов, путепроводов, крупных промышленных сооружений, а также объектов социально-культурного назначения.

1. Боковой В.П., Левашов С.П., Якимчук М.А., Корчагин И.М. Технологія картування зсувних ділянок та зон підвищеного обводнення ґрунтів комплексом геофізичних методів // Геоінформатика. – 2002. – № 4. – С. 31–34.
2. Левашов С.П., Якимчук М.А., Корчагин И.М., Пищаний Ю.М. Метод електрорезонансного зондування та його можливості при проведенні комплексних геолого-геофізичних досліджень // Там само. – 2003. – № 1. – С. 15–20.
3. Левашов С.П., Яковенко Н.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаний Ю.М. Использование современных георадарных технологий при инженерно-геологических изысканиях под реконструкцию и строительство дорог // Там же. – 2005. – № 1. – С. 80–85.
4. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Ivanchenko E.P., Dravert N.G. Use of Geoelectric Methods for the Geological-Engineering Conditions Estimation within the Bridge Construction Sites // J. of the Balkan Geophys. Soc. – 2005. – 8, Suppl. 1. – P. 453–458.