

УДК 550.8.0.72. 622.3

**ОПЫТ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ,
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЙ
ТАМПОНАЖНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ
ПОДРАБОТАННОГО ОБЪЕКТА**

**Киселев Н. Н., Туманов В. В., Дьяченко Н. А.,
Трифонов А. С., Архипенко А. И.**

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Теряев Р. И.

*(Управление капитального строительства Донецкого
городского совета, г. Донецк, Украина)*

У роботі проаналізовано природні й гідрогеологічні умови у межах майданчика монумента «Твоїм визволителям, Донбас» (м. Донецьк) з метою обґрунтування оптимальних місць розташування тампонажних свердловин для гідроізоляції об'єкта, що підтоплюється ґрунтовими та зливовими водами. У результаті виконання роботи методи інженерної геофізики, геомеханіки і морфолого-морфометрії вперше об'єднані в комплексну інженерно-геомеханічно-геофізичну систему, яка дозволила вирішити конкретне практичне завдання.

*Conditions of the natural environment and groundwater conditions within the site of the monument **To Donbass Liberators** in Donetsk which is ground water- and rain water-flood-prone are analyzed. Work objective was to make a case for drilling holes for damp proofing of the object. As a result of the work done geophysical engineering techniques, methods of geomechanics and morphologic-morphometric techniques have been combined for the first time in integrated engineering-geomechanical-geophysical system which enabled to solve specific applied task.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Проблема подтопления зданий и сооружений грунтовыми и ливневыми водами на территории Донецкой области одна из наиболее сложных и остро стоящих в условиях подработанной урбанизированной городской агломерации. Общая площадь подтопления на землях по данным обследований специалистами ДГРП «Донецкгеология» в пределах Донецкой области составляет 195,59 км². На сегодняшний день в разной степени подтопления (от 18 га в Ворошиловском до 835 га в Буденовском и 1290 га в Петровском районах) находится 5262 га территории г. Донецка [1]. Гидрогеологическая ситуация на территории города усложняется под воздействием многочисленных факторов, а именно: в связи с закрытием и затоплением угольных шахт, нарушением природного стока при застройке территорий, заилением и засорением водных объектов, а также оседанием земной поверхности над горными выработками (вследствие многолетней эксплуатации недр почти 70 % территории города подвержено оседанию земной поверхности под воздействием горных разработок каменного угля). В результате техногенного воздействия изменяются свойства грунтов и влажность грунтов оснований фундаментов. Комплекс этих явлений способствует созданию неблагоприятных условий для безопасной жизнедеятельности населения и безаварийного функционирования объектов экономики, культуры, транспортных и энергетических магистралей, инженерных сооружений и препятствует их нормальной эксплуатации на территории г. Донецка.

В сложившихся условиях при обосновании рекомендаций по борьбе с отрицательными последствиями нарушения водного баланса застроенных подработанных территорий в жилищно-гражданском и промышленном строительстве возникла необходимость комплексного учета геологических, гидрогеологических и геомеханических факторов влияния на основе комплексирования геофизических, геомеханических и морфометрических исследований.

Актуальность настоящей работы. Проблемы подтопления участков застройки грунтовыми водами не всегда решаются правильно. Существуют проекты, в которых защита строительных

объектов от подтопления решена не полностью или упущена совсем. Организация комплексных геофизико-геомеханических изысканий для борьбы с подтоплением на застроенных территориях – новое направление инженерно-геологических изыскательских работ. Большинство подтапливаемых площадок расположено в зоне покровных слабоводопроницаемых грунтов, подстилаемых водоупорными породами тектонически нарушенного, геомеханически нестабильного и литологически контрастного массива горных пород. Строения и сооружения, находящиеся в таких условиях, подтапливаются под воздействием не только природных особенностей территории, но и в результате необратимых техногенных изменений инженерно-геологических и гидрогеологических условий, прогноз которых ограничивается, как правило, применением одного из методов исследований. Поэтому вопросы организации комплексных изысканий в таких условиях приобретают особое значение.

Постановка задачи. Цель настоящей работы – на основе комплексного анализа природных и гидрогеологических условий в пределах участка исследований и прилегающих территорий, проведения комплексных геофизических исследований и анализа сложившейся геомеханической ситуации выбрать оптимальные места заложения тампонажных скважин.

Объекты исследований – защита от грунтовых и ливневых вод Музея Великой Отечественной Войны (МВОВ).

Территория исследований – площадка монумента «Твоим освободителям, Донбасс» г. Донецк (рис. 1).

Методика выполнения работы - геофизические (электроразведочные, сейсморазведочные и сейсмоакустические) полевые исследования, комплексная интерпретация геолого-геофизических и режимных геодезических данных, горно-графического, гидрогеологического и геоморфологического материала.

Краткая горно-геологическая и гидрогеологическая характеристика участка исследований. Исследуемый объект расположен в пределах шахтного поля шахты им. Калинина на южном склоне главного Донецкого водораздела. Основной гидрографической единицей площади является река Кальмиус, которая в непосредственной близости от объекта исследований представ-

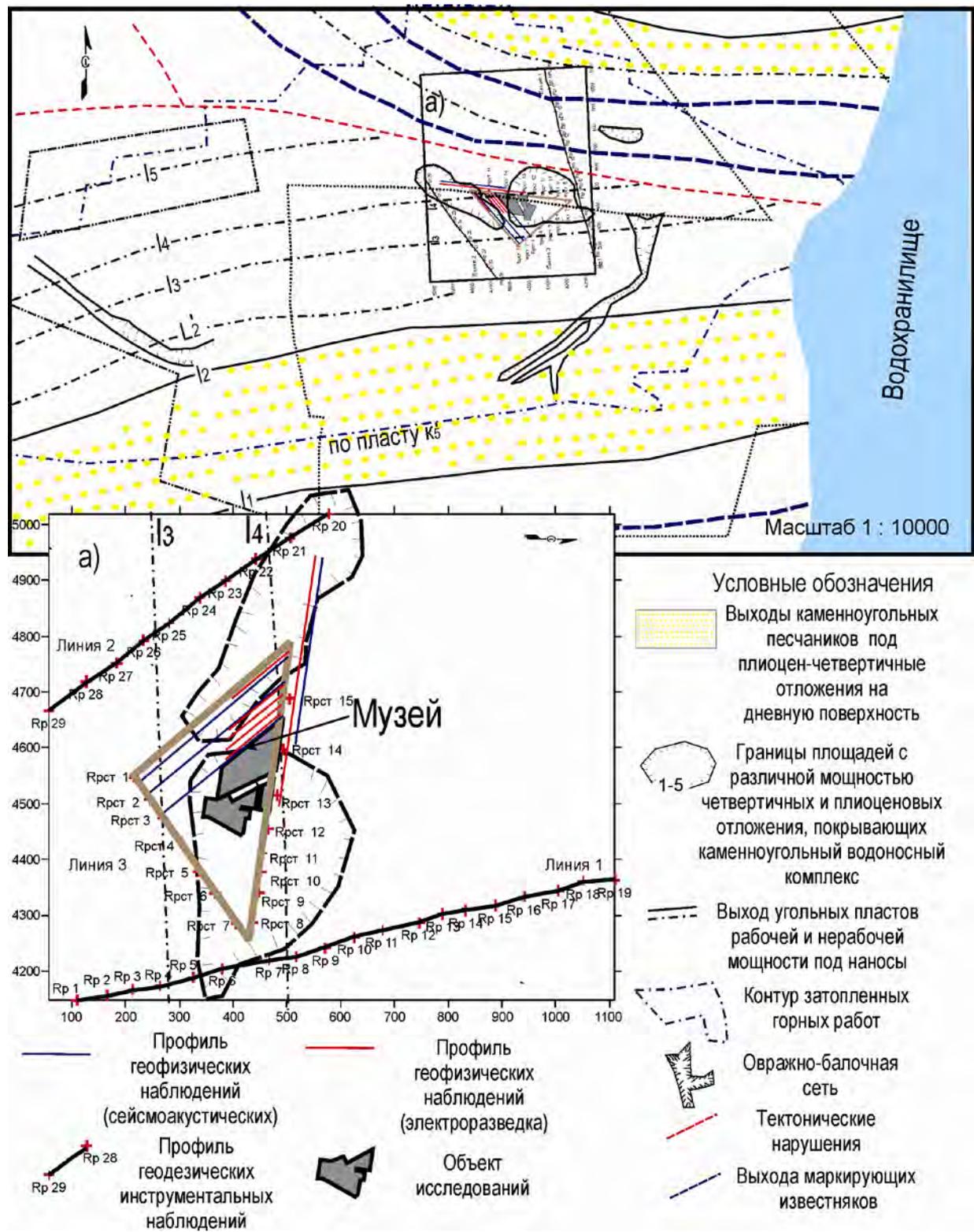


Рис. 1. Выкопировка со специализированной гидрогеологической карты с детализацией геодезических и геофизических профильных линий натуральных наблюдений

лена каскадами прудов и водохранилищ с большой площадью зеркала воды. В левобережной части пролегает балка Игнатьевская с системой впадающих в нее балок (Бахмутка и др.), в правобережной – б. Скоморошина. Перечисленные балки образуют ряд местных водоразделов, к которым приурочены наивысшие точки рельефа, достигающие + 220 м, общее понижение рельефа наблюдается в северо-восточном направлении к руслу р. Кальмиус, наименьшие отметки поверхности + 144 м приурочены к прирусловой части р. Кальмиус (превышение поверхности составляет 86 м, коэффициент рельефа равен 1). Абсолютные отметки в пределах участка исследований составляют от + 171 м до 187 м. К общему понижению рельефа, к временным и постоянным водотокам приурочены потоки рассеяния поверхностного стока.

В геологическом строении участка исследований принимают участие каменноугольные отложения свит C_2^5 , C_2^4 , C_2^3 повсеместно перекрытые отложениями четвертичного возраста. Каменноугольные отложения представлены мощными разноместными кварцевыми песчаниками, переслаивающимися песчаными и глинистыми сланцами, редкими слоями углей и известняков.

Четвертичные отложения представлены почвенно-растительным слоем мощностью 0,3 – 0,5 м, лессовидными суглинками и глинами с линзовидными включениями супесей на водоразделах, в долине р. Кальмиус и крупных балок – иловатыми песчаными глинами и разноместными аллювиальными песками. Мощность четвертичных отложений под объектом составляет 1-5 м. Водоносные горизонты приурочены к отложениям четвертичного и каменноугольного возрастов. Основным, наиболее распространенным по площади является водоносный комплекс каменноугольных отложений [2]. Подземные воды четвертичных отложений имеют спорадическое распространение, заключены они в опесоченных прослоях суглинков. Водообильность водоносного горизонта мала. В пониженных местах рельефа эти воды каптируются колодцами. Водоносные горизонты покровных отложений безнапорные, питание их происходит за счет атмосферных осадков, разгрузка – по гидрографическим врезам и

в местах перетока в нижележащие каменноугольные отложения [3].

По условиям накопления и циркуляции подземные воды каменноугольных отложений являются преимущественно пластово-трещинными, напорными. Питание их происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках выхода вмещающих пород на поверхность или под покровные отложения, разгрузка – в гидрографическую сеть и в систему горных работ шахты. В связи с неравномерным развитием трещиноватости, водообильность пород различна, но максимальна в зонах тектонических нарушений и в зонах выветривания каменноугольных отложений, где водоносными являются все литологические разности пород. Мощность зоны активного выветривания в пределах участка исследований составляет 60 м.

Горный массив территории исследований нарушен горными работами шахт и шурфов в различное время выведенных из эксплуатации и затопленных по пластам: l_1 (табл. 1) и k_5^1 и незатопленных – h_{10} (1984 г), h_8 (1994 – 1995 гг.).

Таблица 1
Краткая характеристика затопленных шахт и шурфов по пласту l_1
на исследуемой территории

№ п/п	Шахта	Пласт	Абс. отм. поверхности	Нижняя граница ведения работ
1	№ 1 (накл.)	l_1	+ 135,0	+ 60,0
2	№ 7 (накл.)	l_1	-	-
3	№ 15 (накл.)	l_1	+ 120,0	+ 45,0
4	«Алексей»	l_1	+ 135,0	+ 45,0
5	Бреславского	l_1	+ 185,0	+ 90,0
6	«Василий», 1, 2	l_1	+ 150,0	+ 75,0

В структурном плане участок примыкает к области развития и зоны влияния Французского сдвига-взброса [4], выходящего на поверхность под наносы в 50 м от МВОВ, который характеризуется на исследуемом участке падением до 45° в верхней части разреза, выполаживаясь до $25-35^\circ$ на глубоких горизонтах.

Непосредственно под объектом фиксируется выход угольных пластов l_3, l_4 под наносы мощностью 1-5 м (см. рис. 1).

Обсуждение результатов. 1. Анализ деформационных процессов и геомеханической ситуации. При проведении исследовательских работ анализ деформационных процессов проводился на основе баз данных режимных геодезических наблюдений, проведенных маркшейдерской службой ш. им. Калинина в период подработки МВОВ (1994 – 1996 гг.) по трем опорным профилям, заложенным в пределах участка горного отвода шахты (см. рис. 1). Исходные данные режимных геодезических наблюдений по опорным профилям представляют собой результаты повторного нивелирования земной поверхности, проводившегося для контроля развития процесса оседания в связи с подработкой площади, на которой непосредственно расположена площадка МВОВ. Натурные геодезические наблюдения 1994-1996 гг. проводились с целью принятия мер по предотвращению негативного влияния горных работ на данный объект, который в основании фундамента получил развитие открытых трещин.

Анализ графиков оседаний земной поверхности по профильным линиям на разные периоды наблюдений (рис. 2) показал, что периодные (6 месяцев) оседания земной поверхности крайне неоднородны и характеризуются постоянной сменой знака по отношению к начальному положению точки (собственно оседания и поднятия).

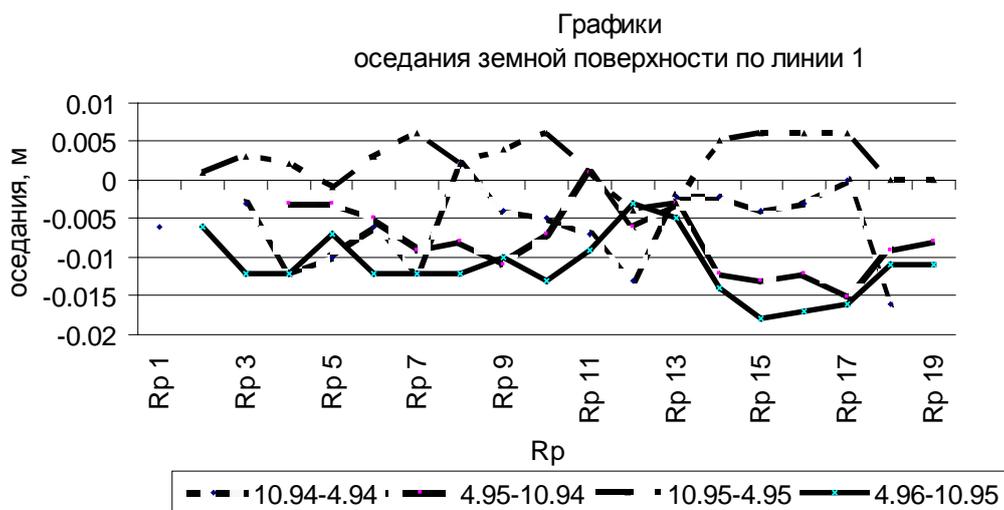


Рис. 2. Графики оседания земной поверхности по линии 1

Значения последних варьируют в пределах от +14 мм до – 19 мм для каждого периода. Подобные процессы приводят к возникновению локальных зон разуплотнения грунтов в основании объекта и разрушению материала стен.

Учитывая, что графики оседаний позволяют проанализировать полученную информацию исключительно вдоль линии наблюдения, в работе по результатам обработки серий режимных геодезических наблюдений посредством интерполяции данных оседаний по площади применен метод построения компьютерных моделей реальных приращений исходной поверхности [5]. Результат – картограммы «рельефа оседаний» земной поверхности $\eta(x, y)$ за разные периоды наблюдений (рис. 3, а – 4, а), которые позволяют сопоставить пространственно-временные изменения рельефа оседаний с литологическими и тектоническими неоднородностями массива горных пород за различные промежутки времени по площади и в первом приближении оконтурить участки разуплотнения. Следующий этап обработки исходной информации – морфометрический анализ «рельефа оседаний» с применением средств ГИС – картограммы $|\text{grad } \eta(x, y)|$ (см. рис. 3, б; 4, б), которые отражают интенсивность деформационных процессов на выбранном участке [6]. Сопоставление полученных карт модулей градиентов за различные периоды времени, позволяет выделить участки, для которых характерна пространственная повторяемость проявления деформационных процессов. Трассировка значений этого параметра в виде изолиний для разных серий наблюдений, позволяет локализовать области, характеризующиеся неравновесным состоянием среды из-за деформирования блочного массива, преимущественно по поверхностям и зонам ослабления, вовлекаемых в процесс деформации.

Участок земной поверхности непосредственно под исследуемым объектом имеет устойчивую тенденцию к вздыманию (поднятию) практически под всем комплексом МВОВ, что, по всей видимости, привело к образованию дополнительной техногенной пористости (повышение фильтрационных свойств), снижению прочностных характеристик грунтов в основании объекта. Максимальные поднятия (до 48 мм за период 4.94 – 10.95 гг.) зафиксированы на Ррст 13 линии 3, которая непосредственно про-

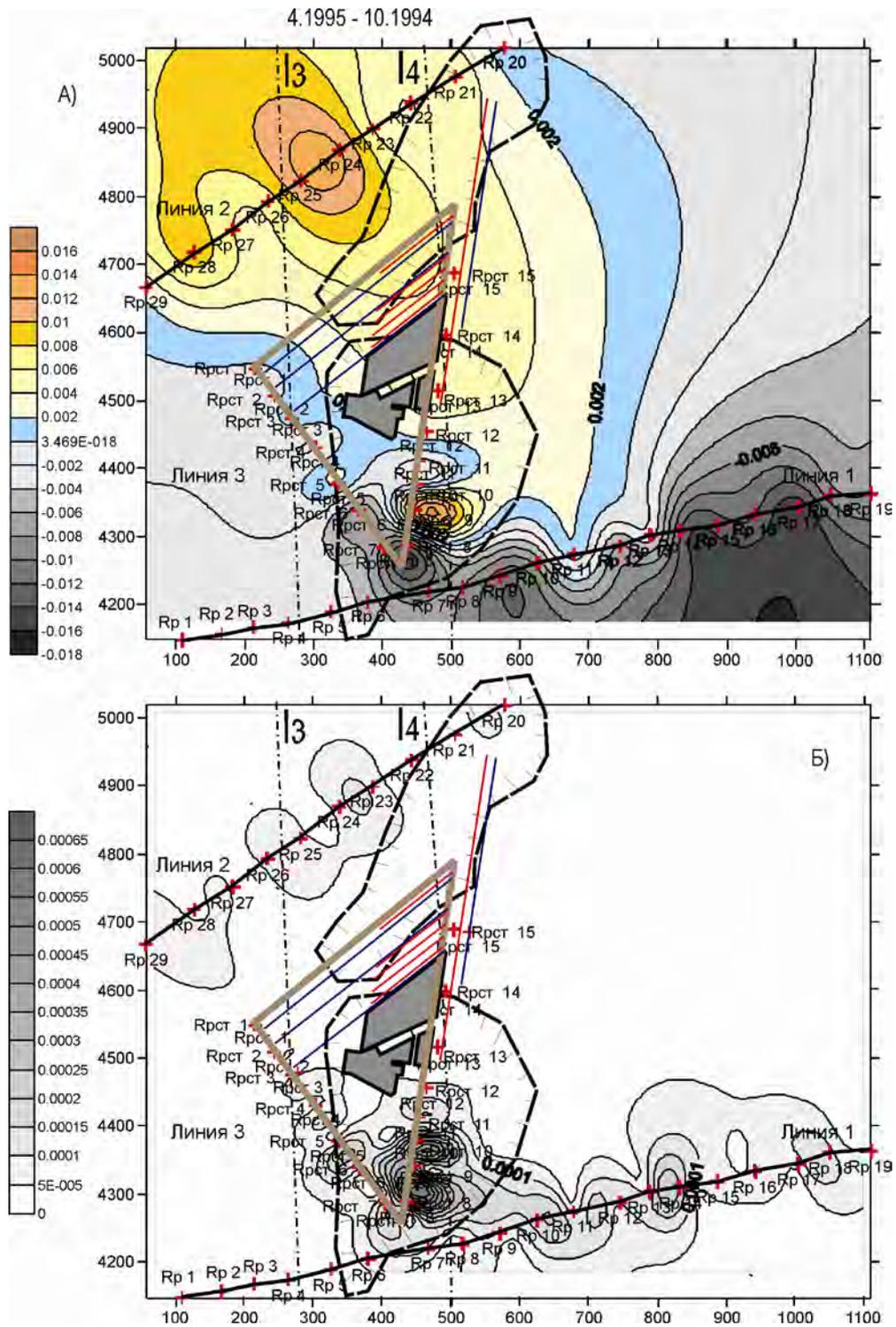


Рис. 3. Результати визуалізації оседаній земної поверхності і градієнтів оседаній за періоди між двома серіями спостережень за період з 10.1994 по 4.1995 гг. з деталізацією спостережувальних станцій (Rp): а – картограма $\eta(x, y)$, б – картограма $|\text{grad } \eta(x, y)|$

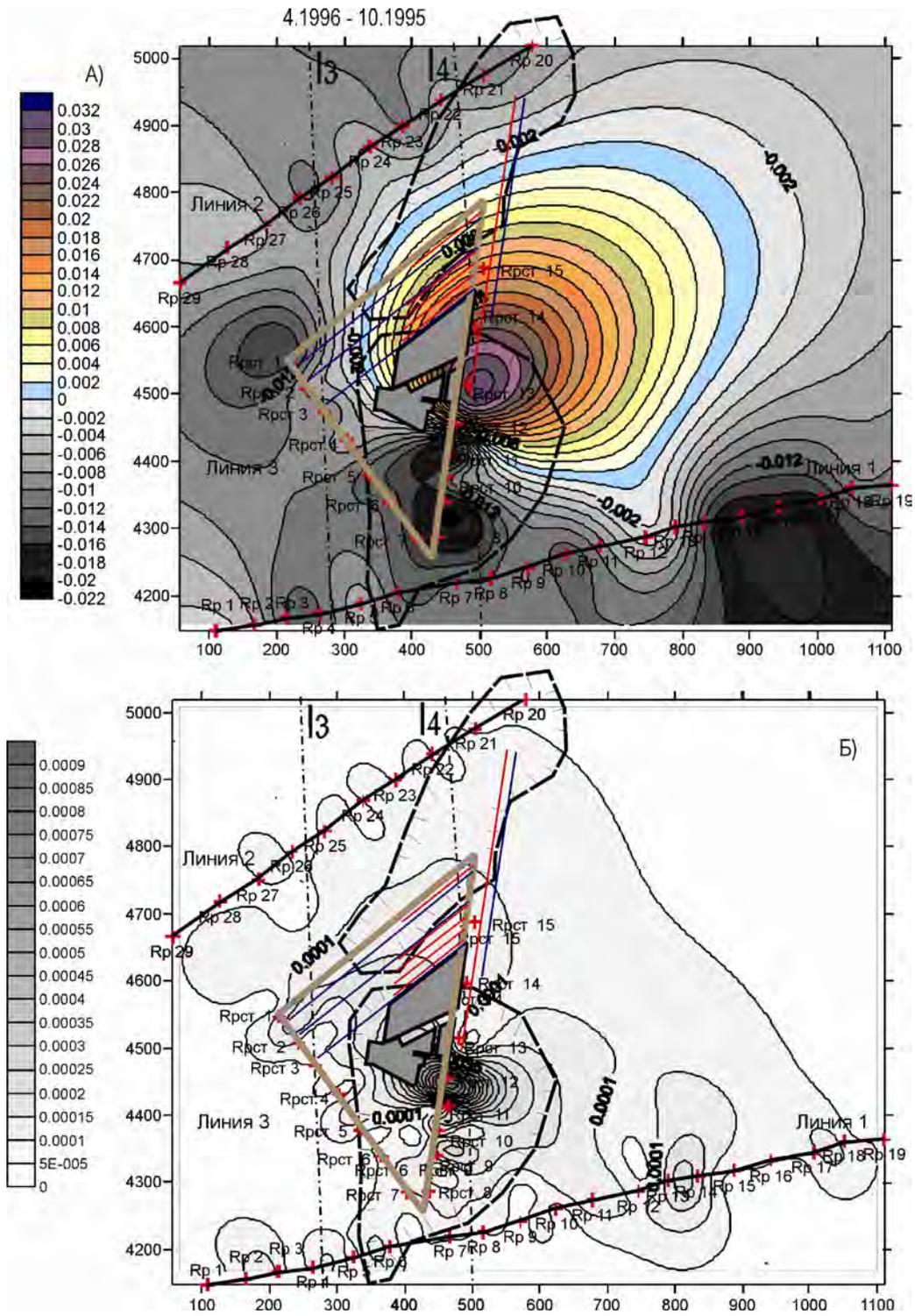


Рис. 4. Результати визуалізації осідань земної поверхності і градієнтів осідань за періоди між двома серіями спостережень за період з 10.1995 по 4.1996 гг. з деталізацією спостережувальних станцій (Rp): а, – картограма $\eta(x, y)$, б – картограма $|\text{grad } \eta(x, y)|$

ходит вдоль северной стены исследуемого объекта. По данным [7] поднятие земной поверхности формируется впереди створа очистного забоя при наличии мощных породных слоев в подрабатываемом массиве (в данной ситуации песчаников) при скорости подвигания лавы ($V_{л}$) более 3 м/сут. При этом в зависимости от $V_{л}$ возможно постоянное поднятие земной поверхности и цикличное. Цикличное поднятие весьма отрицательно влияет на состояние подрабатываемых зданий и сооружений.

Юго-западная стена МВОВ (Ррст 15), наиболее подверженная негативным воздействиям водоносного комплекса, не попадает в зону максимальных деформаций. Оседания за весь период наблюдений на данном участке составили +28 мм. Контрастная аномалия перехода от отрицательных значений оседаний к положительным фиксируется на всех картограммах в Ю-ЮВ части основания монумента. Максимальные градиенты вертикальных деформаций фиксируются восточнее юго-восточной стены музея ВОВ непосредственно под объектом «Монумент» и прилегающей территории. На данном участке на земной поверхности проявляются деформации в виде ступеньки или уступа, характеризующиеся резкой сменой знака оседаний. По всей видимости участок близповерхностного массива Ррст 11 - Ррст 12 представляет собой зону разуплотнения, повышенной трещиноватости или малоамплитудной нарушенности СВ простирания, для которого характерен эффект разуплотнения по плоскостям ослабления и повышенная фильтрационная способность покровных отложений. Устойчивая аномалия модуля градиентов оседаний наблюдается и на реперных станциях 10-14 линии 1, где имеет место выход под покровные отложения на поверхность зоны Французского надвига.

2. Методика, анализ и интерпретация геофизических исследований. Из рекомендованного СНиП 1.02.07-87 «Инженерные изыскания для строительства» (приложение 3) [8] перечня геофизических методов для решения поставленной задачи были выбраны: электроразведка методом электропрофилирования установкой срединного градиента и сейсморазведка методом отраженных волн (МОВ) в модификации сейсмического профилирования на постоянных базах и сейсмоакустического зондирова-

ния (САЗ) с фиксированным расстоянием источник – приёмник. Опыт применения указанных методов для решения аналогичных задач изложен в справочной и технической литературе [9, 10].

Исследования по сейсмическому профилированию на постоянных базах проводились на четырех профилях (три профиля на площадке постамента и один за ее пределами) с общей протяженностью профилирования около 400 м и с выполнением 180-ти физических наблюдений (сейсмических зондирований исследуемого массива). Наблюдения проводились с зондированием массива на четырех базах (расстояниях между источником и приемником сейсмического сигнала) – 2,5 м, 5 м, 7,5 м 10 м на трех профилях на площадке постамента монумента и 2,5 м, 7,5 м, 10 м и 15 м на четвертом профиле. Сейсмическая информация регистрировалась с десятикратным суммированием сейсмического сигнала в цифровом виде с шагом дискретизации 4 кГц (0,25 мс), длительностью регистрации 1024 дискрета и с предзаписью 200 дискретов (50 мс).

В качестве диагностических характеристик сейсмических сигналов применительно к состоянию изучаемого горного массива использовались энергетические показатели частотных диапазонов спектров сейсмических сигналов. После расчета Фурье-преобразования сейсмического сигнала, рассчитывались интегрированные энергетические показатели частотных диапазонов спектров: 30-60 Гц, 50-80 Гц, 70-100 Гц, 270-300 Гц с последующим нормированием этих показателей к аналогичной энергетической характеристике частотного диапазона основной энергии спектра (20-200 Гц) для минимизации проявления энергетической составляющей источника колебаний.

Электроразведочные исследования выполнялись методом электропрофилирования с помощью аппаратуры ЭРА по 5 профилям наблюдений при неизменном положении питающего диполя АВ (см. рис. 1) и один профиль СГ при другом положении питающего диполя АВ за подпорной стенкой монумента. Для выбора разноса установки электропрофилирования и определения геолого-геофизической модели геологического разреза были выполнены 2 опорных точек ВЭЗ. Измерения градиента электрического поля осуществлялись на декоративных газонах приемным

диполем MN с разномом 2 м при расстоянии между точками измерений 2 м.

Сейсмоакустические наблюдения проводились двухканальной портативной цифровой суммирующей сеймостанцией с визуализацией информации на мониторе ПЭВМ Notebook и записью на жесткий диск.

Наблюдения проводились с зондированием массива на четырех базах (расстояниях между источником и приемником сейсмического сигнала) – 2,5 м, 5 м, 7,5 м 10 м на трех профилях на площадке постамента монумента.

Обработка, анализ и интерпретация полученной сейсмоакустической информации проводилась по методу, основанному на резонансных проявлениях в спектральных характеристиках сейсмического сигнала структурных особенностей геологической среды. Наличие в среде слоистости с резкими акустическими границами обуславливает возникновение в спектре зондирующего упругого импульса положительных экстремумов, частоты которых находятся в определенной зависимости с длинами волн, характеризующих глубину залегания соответствующих акустических границ. Эти волны, вследствие их резонансного характера, претерпевают меньшее затухание по сравнению с остальными, и в силу этого, возможна их идентификация на общем спектральном фоне сейсмического сигнала. Обработка сейсмоакустической информации проводилась специальным программным обеспечением, позволяющем проводить в автоматизированном режиме определённые спектральные преобразования сейсмических сигналов, и на их основе осуществлять картирование верхней части разреза в точках зондирования.

Анализ результатов электроразведочных исследований (рис. 5) позволяет отметить достаточно яркую аномалию, с выдержанным характером распределения изолиний параметра ρ_k , что отражает плавное увеличение степени обводненности грунтового слоя при переходе в восточном направлении от пикетов 5-10 электроразведочного профиля 5 к пикетам 7-10 профиля 4 и расширением аномалии на профиле 1 (ПК 18), т.е. юго-западная стена музея служит барьером для грунтовых вод нагорной части рельефа.

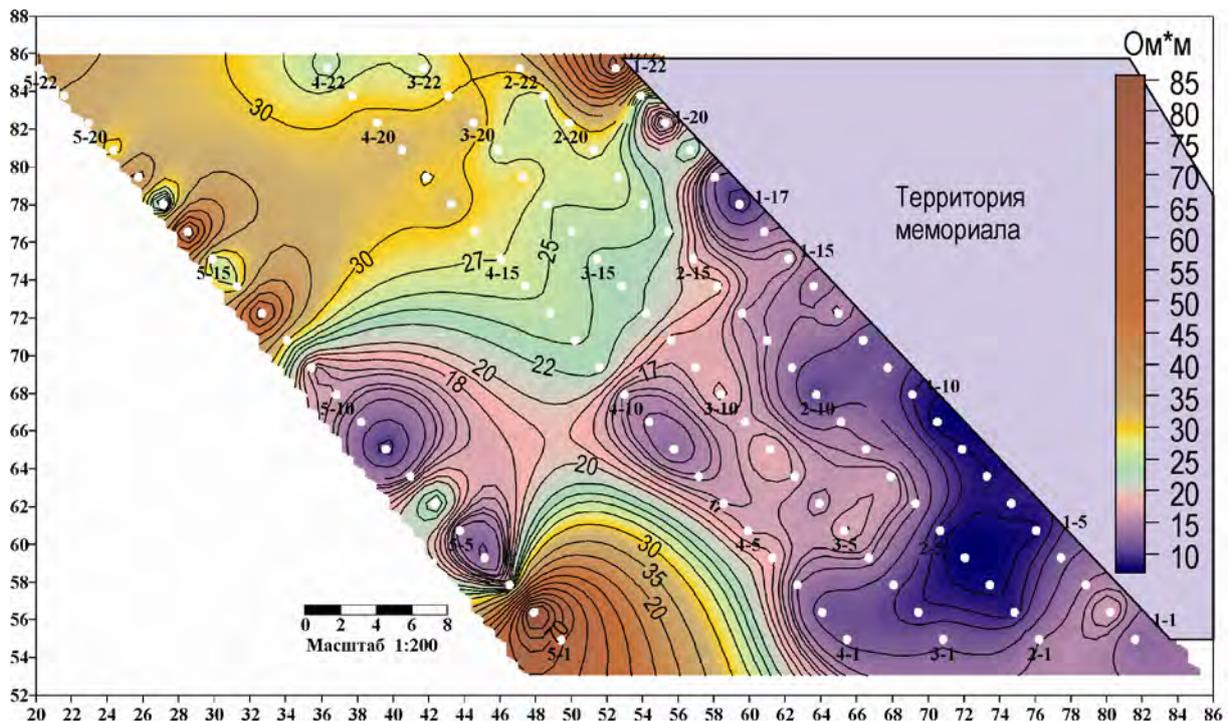


Рис. 5. Карта распределения кажущихся сопротивлений на площадке МВОВ

Необходимо отметить, что распределение градиента качественно отражает усредненную влажность (обводненность) грунтового слоя до глубины 6-8 м. Обращает на себя внимание тот факт, что по контуру стены здания фиксируются низкие значения параметра, что наиболее вероятно обусловлено «выдавливанием» воды угольным пластом l_4 , являющимся естественным гидрогеологическим экраном для стока подземных грунтовых вод в восточном направлении, в примыкающую к фундаменту область грунтового слоя. Низкие значения параметра в западном углу здания музея, по нашему мнению, отражают повышенную обводненность грунтового слоя. В этой зоне тампонаж следует провести наиболее тщательно, чтобы обеспечить полное замещение воды в открытых порах цементным раствором. Рекомендуемые точки для заложения тампонажных скважин ПК 20, 17, 10, 5 профиля 1 (см. рис. 5). Для предотвращения замачивания фундамента ливневыми стоками с двухскатной крыши МВОВ рекомендовано вывести патрубок водостока (ПК 15 пр. 1) за северную подпорную стенку мемориала.

Анализ результатов обработки сейсмогеологических разрезов (рис. 6) позволяет заключить следующее: 1) исследуемый участок характеризуется высокой степенью неоднородности приповерхностной части геологического разреза, выражающейся в пестром распределении акустического параметра и наличием зоны ослабленных пород в интервале глубин 5–10 м; 2) структура массива на участке сейсмического профиля № 2 относительно выдержана и на конечных пикетах профиля (ПК 60-90) прослеживается область техногенного уплотнения грунтов; 3) по профилю № 3 мозаичная картина распределения параметра отражает спорадическую неоднородность массива пород, области уплотнения грунтов прослеживаются на окончаниях профиля (ПК 90-95).

Таким образом, на участке исследований выявлены области ослабленных пород, из которых наиболее опасной является зона по профилю № 1 (ПК 50-80) с локализацией весьма ослабленных пород в этом интервале. Выбор участка тампонирующей зоны признается оптимальным, если в результате тампонажа произошло их существенное уплотнение. Целесообразно выполнить тампонирующую работу на ПК 55 и ПК 60-75 пр. 1 на глубину подошвы фундамента юго-западной стены МВОВ. Наиболее выраженными изменениями по профилям наблюдений энергетических показателей проявлялись в частотных диапазонах 30-60 Гц и 110-140 Гц, первый из которых характерен для поверхностных (рэлеевских) волн, а второй для рефрагированных волн. Энергетические показатели рэлеевских волн (ЄПРВ), распространяющихся преимущественно по поверхности массива (по границе почва-воздух), могут отражать изменение по профилю состояния массива до глубин в несколько метров. Характер изменения ЄПРВ частотного диапазона (30-60 Гц) по профилям на постаменте монумента (рис. 7) отражает достаточно контрастные изменения физико-механических свойств приповерхностной части массива на профилях № 1-2, начиная с ПК 40 м для обоих профилей.

Столь резкие и значительные изменения в среде характерны для высокой техногенной насыщенности в виде свалок бытового, строительного или др. мусора, способствующих проникновению вглубь массива влаги естественного и техногенного происхождения.

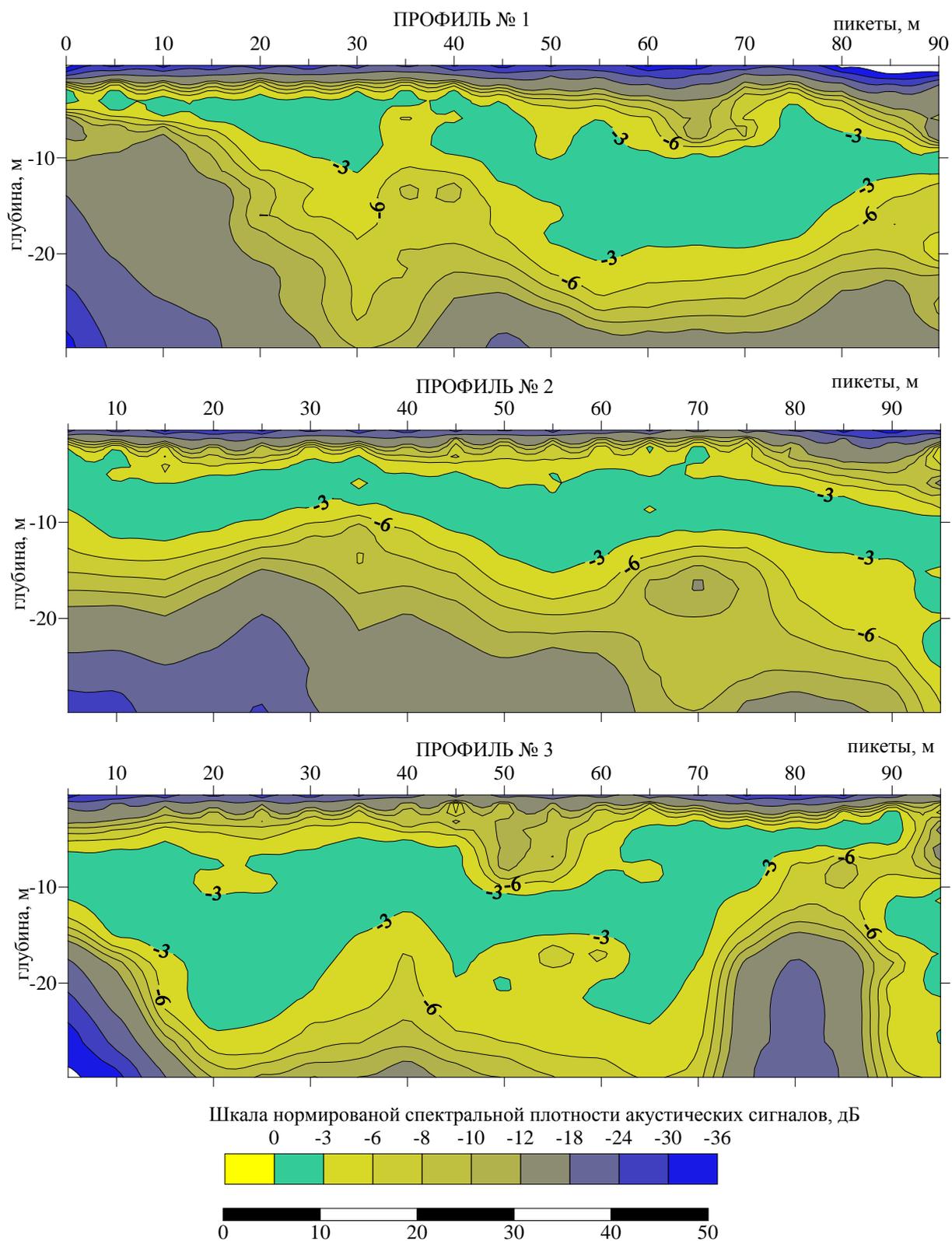


Рис. 6. Результаты сейсмоакустического зондирования по профилям № 1 – № 3

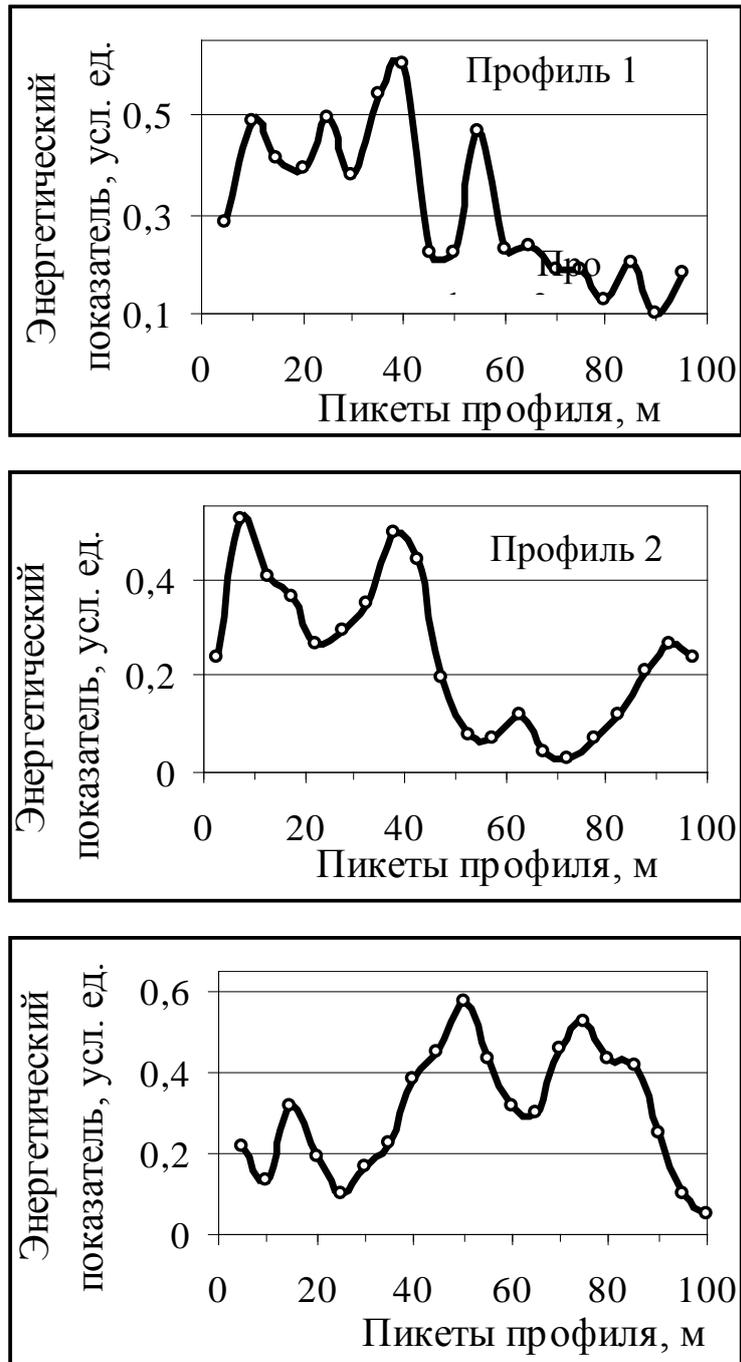


Рис. 7. Характер изменения энергетических показателей в диапазоне спектра 30-60 Гц на базе зондирования 10 м по профилям на постаменте монумента

Представление рассматриваемого показателя в виде карты его распределения по площади исследуемого участка (рис. 8) и область пониженных значений параметра наглядно отображает

наиболее рыхлую приповерхностную часть массива, примыкающую к зданию музея мемориала.

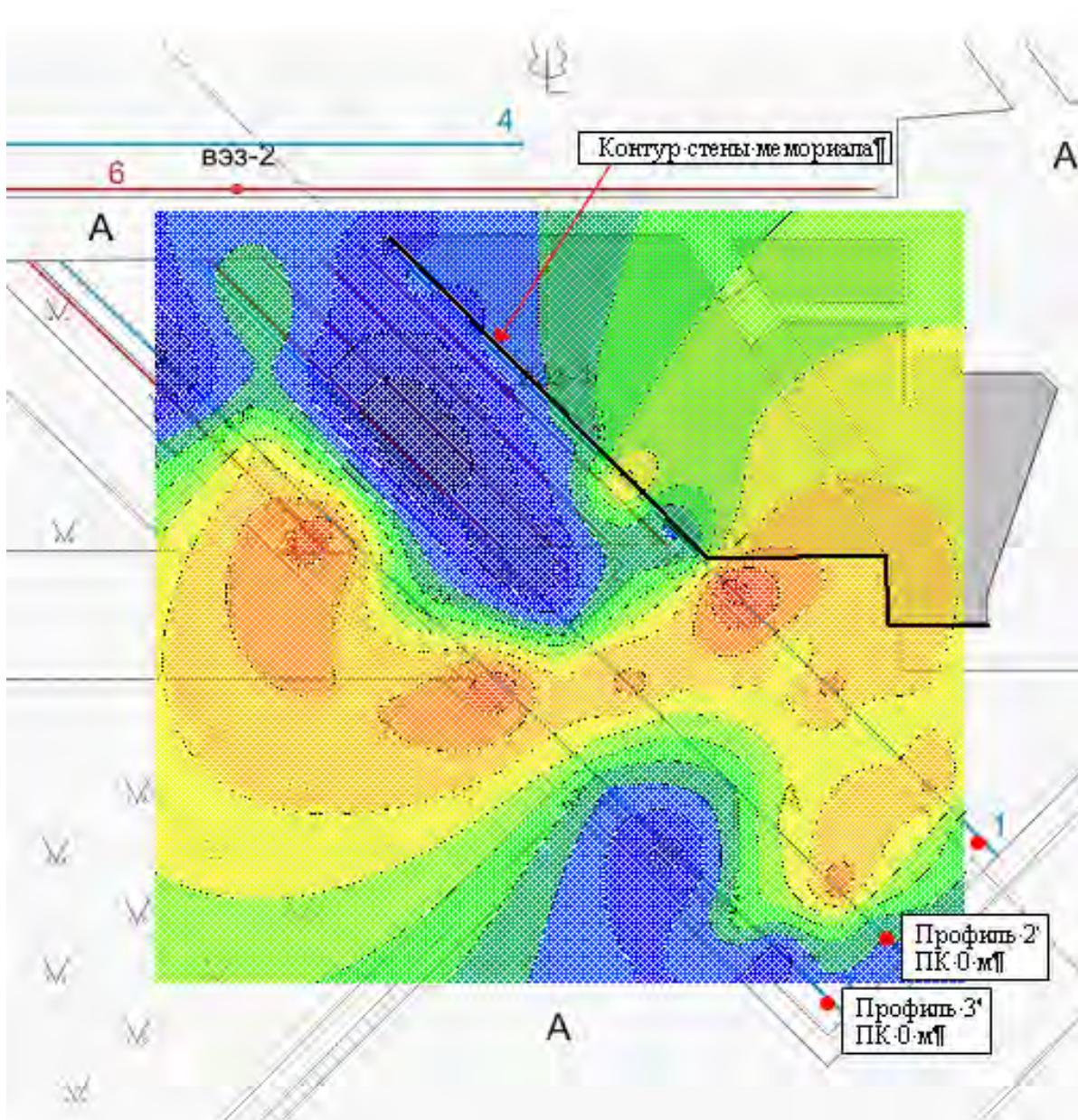


Рис. 8. Карта распределения на территории мемориала энергетических показателей сейсмических сигналов в частотном диапазоне спектра 30-60 Гц

Развитие увлажненности массива в глубину достаточно наглядно иллюстрируется картой распределения СРВ частотного диапазона 110-140 Гц (рис. 9), который характеризует преимущественно рефрагированные волны. Глубина проникновения

этих волн в горный массив определяется плотностным градиентом среды и величиной базы зондирования (БЗ) примерно как треть значения величины этой базы. В исследуемых условиях БЗ ограничивалась 10 м из-за невозможности повышения мощности источника сейсмического сигнала без нарушения целостности плиточного покрытия постаamenta мемориала.

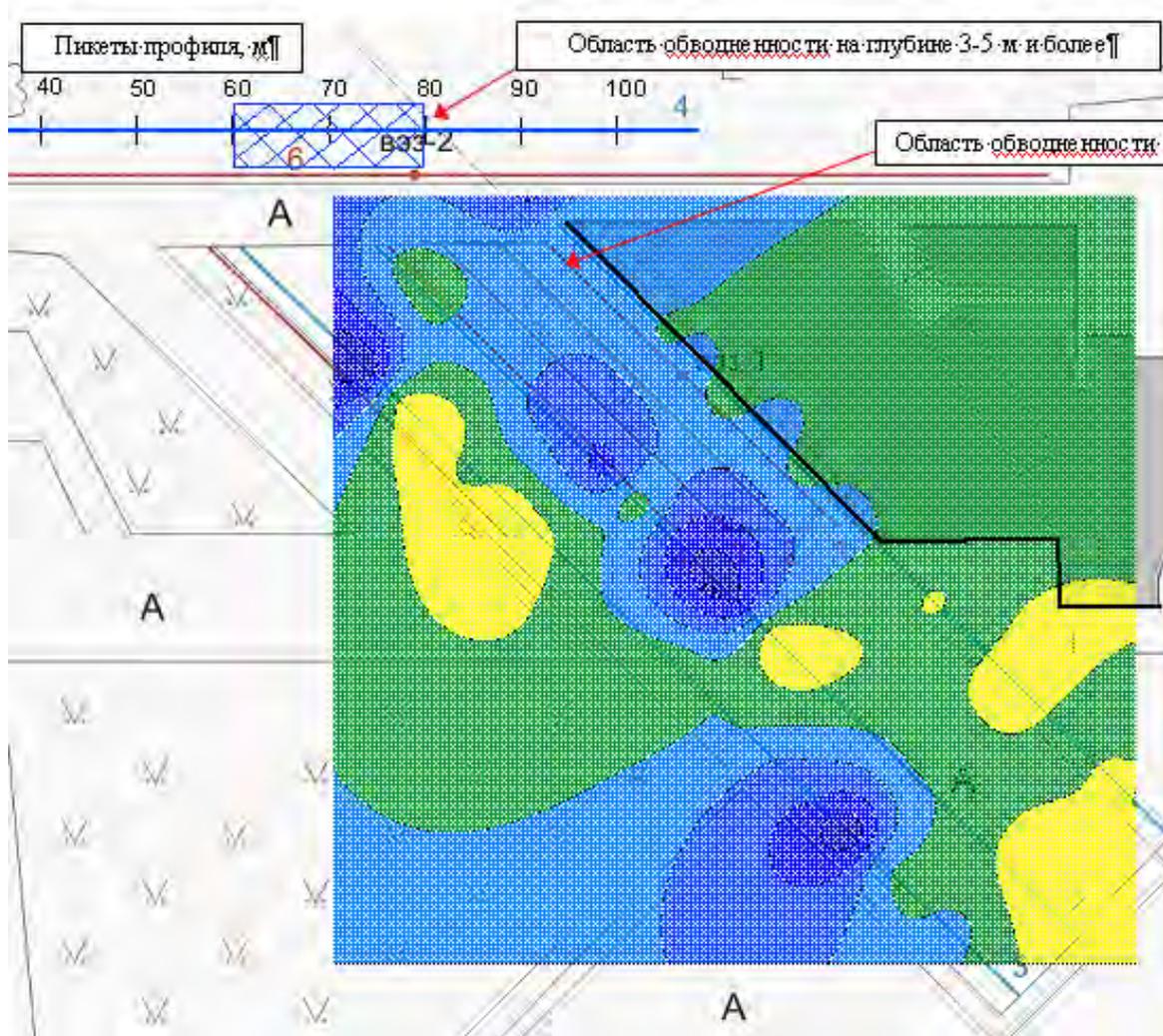


Рис. 9. Карта распределения на территории мемориала энергетических показателей сейсмических сигналов в частотном диапазоне спектра 110-140 Гц

При такой БЗ глубина проникновения рефрагированных волн может составлять порядка 3-5-ти метров. В данном случае развитие увлажненности массива характерно как минимум до этих глубин.

Значительность различия в изменениях энергетических показателей рефрагированных волн по трем исследуемым профилям (рис. 10) с резкими изменениями значений показателей на втором и третьем профилях подтверждают техногенный характер аномальной области.

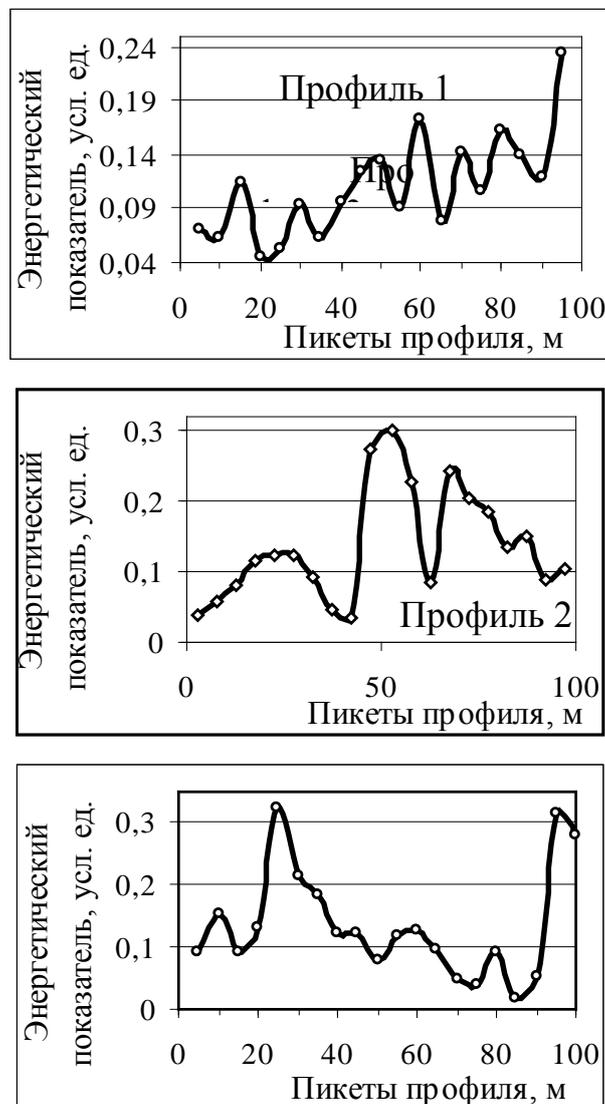


Рис. 10. Характер изменения энергетических показателей в диапазоне спектра 110-140 Гц на базе зондирования 10 м по профилям на постаменте монумента

Результаты исследований на профиле 4 указывают на определенную линейную протяженность аномалии. Существенное возрастание значений скорости рефрагированных волн на этом

профиле в області пикетов 60-80 м (рис. 11) свідечує про значительну обводненість в цій частині профіля. С урахуванням використовуваної на профилі бази зондування 15 м представляється мінімальною глибина у воложеності масиву порядку 5-8 м.

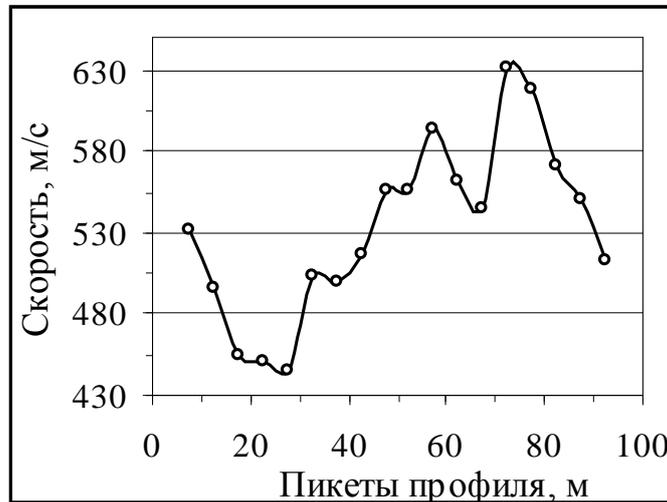


Рис. 11. Характер изменения скорости рефрагированных волн на профиле № 4 на базе зондирования 15 м

С урахуванням достаточного вираженого проявлення аномальної області на профилі № 4 з продовженням її контрастного вираження на профілях 1, 2 і 3, представляється можливим переважна підпитка цієї області в результаті проникнення атмосферних опадів в глибь масиву на участку профіля № 4 (пикети 60 м – 80 м) і примыкающей к этому участку територією, розположеною вище по рельєфу.

По результатам обработки данных сейсморазведки МОВ по профілям 1 – 4 побудовані часові і глибинні розрізи (рис. 12), на яких прослідковується декілька відображених границь. Исходним матеріалом для складання розрізів послужили зондування на постійних базах 10 м (ПР1, ПР2, ПР3) і 15 м (ПР4). Характер хвильової картини на ПР1, ПР2 і ПР3 кардинально відрізняється від характеру хвильової картини, зареєстрованої на ПР4. Це пов'язано з тим, що ПР1, ПР2 і ПР3 розположені на штучному твердому покритті (плитка на бетонному основанні), а ПР4 – на ґрунті газону.

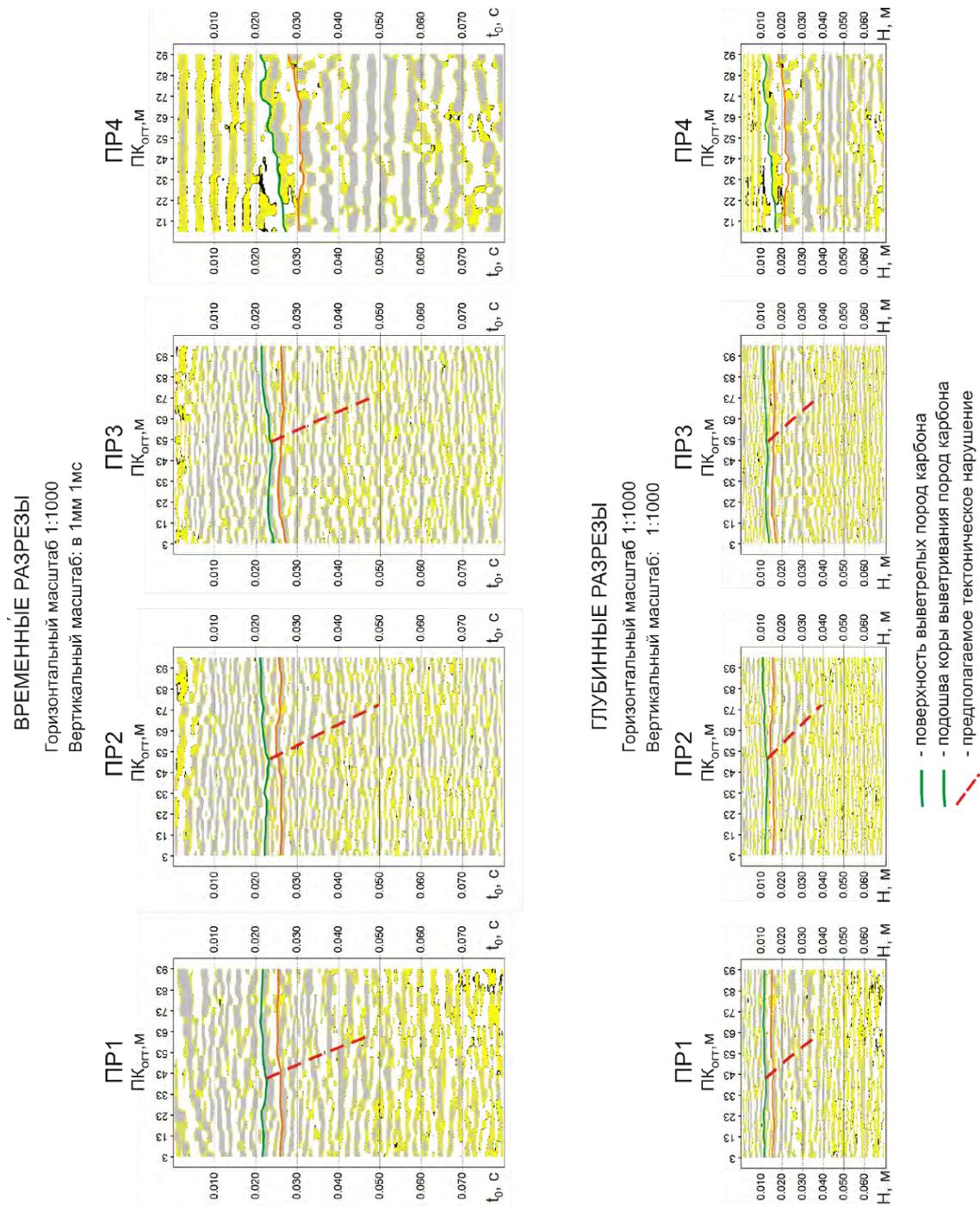


Рис. 12. Временные и глубинные сейсмогеологические разрезы

Соответственно, частотные диапазоны возбуждаемых колебаний значительно различаются между собой. Тем не менее, на всех четырех разрезах коррелируются отражающие границы, которые можно отождествить с одними и теми же литологическими границами, а именно – с поверхностью и подошвой зоны интенсивного выветривания пород карбонового возраста.

Поверхность выветрелых пород карбона залегает на глубине порядка 11 – 17 м. Подошва зоны выветривания пород карбона залегает на глубине 14 – 23 м. Определение глубины залегания отражающих границ следует считать до некоторой меры условным, поскольку пересчет значений времен t_0 в значения глубин производился с использованием временного закона $H = f(t_0, V_{nn})$, подобранного по значениям пластовых скоростей продольных волн, характерных для сейсмогеологических слоев, слагающих разрез. Для более точного построения глубинных разрезов необходимо дополнительное проведение профильных работ КМПВ (корреляционный метод преломленных волн) с целью определения опорных глубин залегания сейсмогеологических границ и пластовых скоростей продольных волн.

На временах t_0 9 – 11 мс (соответственно на глубинах порядка 7 – 8 м) прослеживается отражающая граница, по видимому, соответствующая поверхности полного водонасыщения в суглинках, но из-за отсутствия опорных данных (результатов КМПВ) с уверенностью утверждать это нельзя.

Ниже подошвы зоны выветривания пород карбона прослеживается еще целый ряд отражающих границ, соответствующих литологическим разностям в толще отложений карбона. В контексте проводимых исследований их детальное описание не имеет смысла, заметим лишь, что характер поведения этих границ позволяет проследить наличие в разрезе тектонических нарушений. Именно такое нарушение в породах карбона наблюдается на параллельных профилях 1, 2 и 3 на следующих пикетах общей глубинной точки (ОГТ), точнее, поскольку кратность ОГТ равна 1, более правильно выражаясь, на пикетах центров баз ПВ-ПП: ПР1 ПК40; ПР2 ПК50; ПР3 ПК52 (рис. 13). Положение тектонического нарушения определено по нарушению корреляции и изменению углов наклона отражающих границ.

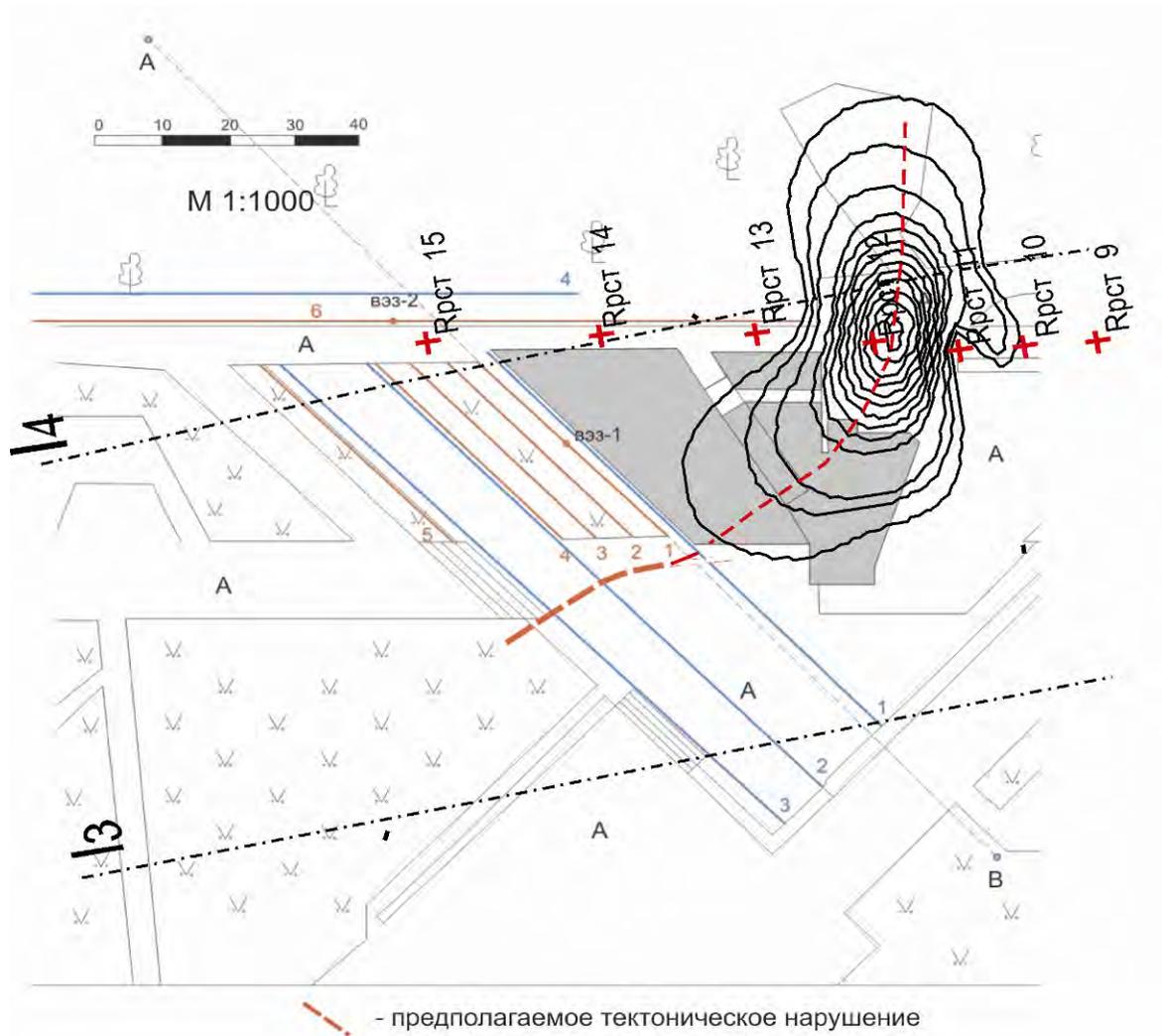


Рис. 13. Положение тектонического нарушения как результат интерпретации геофизических и деформационных аномалий, с детализацией профильных линий наблюдения и литологических неоднородностей

Кроме того, нарушение отмечается небольшой депрессией в рельефе кровли выветрелых пород карбона, вероятно, вызванной более интенсивным размывом зоны ослабленных пород. Амплитуда нарушения незначительна – порядка 1 – 2 м. Тем не менее, наличие зоны повышенной трещиноватости в породах карбона, при условии некоторого напора в относящемся к ним водоносном горизонте, может служить причиной повышенной обводненности вышележащих отложений. Косвенным образом это подтверждается положительной амплитудной аномалией, выделенной по

данным интерпретации частотных характеристик поверхностных волн Релея (см. рис. 9)

Следует отметить, что выявленная зона тектонического нарушения в результате интерпретации геофизических и деформационных аномалий в плане объединяется в единую зону С-СВ простирания (см. рис. 13).

Наличие на участке исследований тектонического нарушения в породах карбона, поверхность которых находится на относительно небольшой глубине в зоне активного водообмена, может являться причиной повышенной обводненности залегающих выше по разрезу суглинков. Возможно, в период обильных атмосферных осадков в водоносном горизонте, соответствующем трещиноватым породам карбона, возникает некоторый напор, и по зоне повышенной трещиноватости в районе тектонического нарушения происходит подтопление вышележащих суглинков.

3. Оценка морфологии рельефа территории и роли литологических неоднородностей. С целью выявления негативных факторов влияния на МВОВ проанализирован рельеф поверхности и соответственно направления поверхностного стока вод покровных отложений (рис. 14). Максимальная абсолютная отметка поверхности (+186,5 м) расположена в районе Рр 20 линии 2 на Ю-ЮЗ от исследуемого объекта. Поверхностный сток вод покровных отложений на близлежащей к МВОВ площади направлен на восток и юго-восток. Разгрузка вод покровных отложений на площади под МВОВ осуществляется в месте перетока на участках выхода на поверхность под покровные отложения каменноугольных выветрелых пород. В частности, на исследуемой площади питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков по угольному пласту l_4 , имеющему выход под наносы менее 1 м, в т.ч. образованные посредством выравнивания и засыпания площадки под строительство объекта строительным мусором.

Учитывая, что основание помещения МВОВ, которое испытывает намокание, находится на глубине порядка 8 – 10 м (абс. отм. +170,9–+172,9 м) от земной поверхности (абс. атм. +180,9 м), причина намокания – техногенное происхождение водонасыщаемой части исследуемого массива посредством инфильтрации ат-

мосферных осадков по угольному пласту l_4 (падение на север) на фоне разуплотнения покровных отложений (грунта основания).

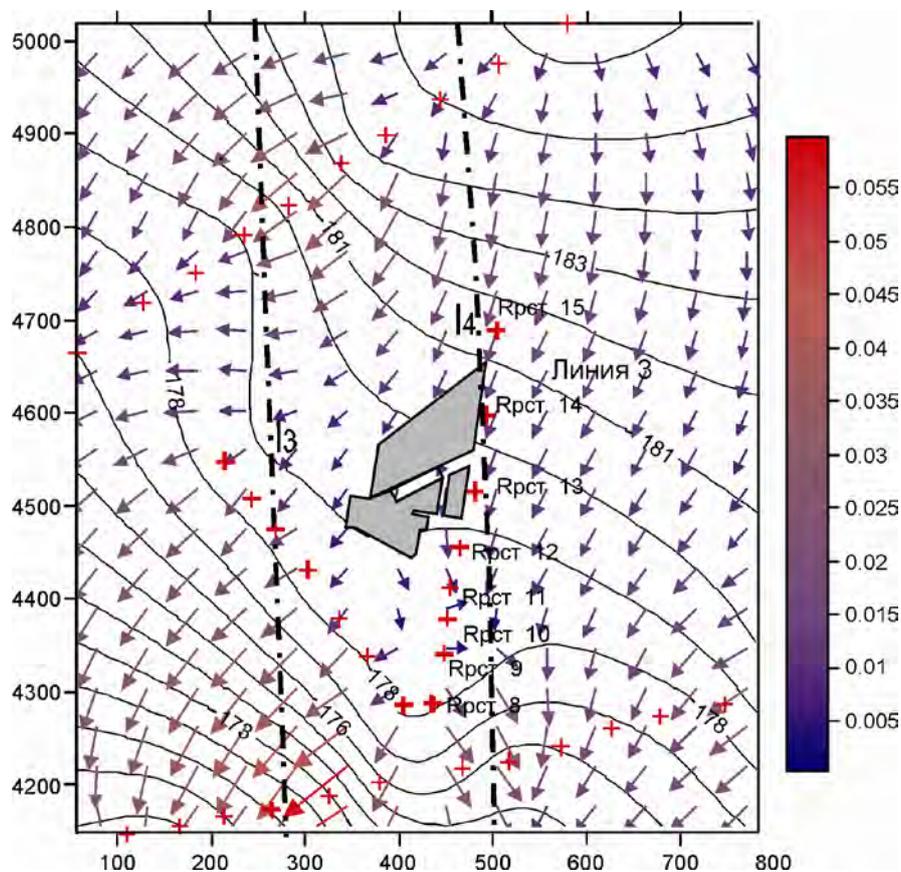


Рис. 14. Картограмма направлений поверхностного стока вод покровных отложений с детализацией рельефа земной поверхности под объектом исследования

Подпитка в результате проникновения атмосферных осадков вглубь массива осуществляется под юго-западной стеной музея ВОВ, под которой угольный пласт имеет непосредственный выход под покровные отложения.

Авторы статьи признательны старшим научным сотрудникам УкрНИМИ НАН Украины Я. М. Юфе, М. Ю. Богаку, Ю. И. Николаеву и В. С. Прахину за помощь, оказанную в ходе исследований.

Выводы.

1. В результате выполнения работы методы инженерной геофизики, геомеханики и морфолого-морфометрии впервые объединены в комплексную инженерно-геомеханично-

геофизическую систему, которая позволила решить конкретное практическое задание.

2. Выявлены участки аномальных изменений геофизических и деформационных параметров, которые контролируют зоны обводненности юго-западной стены МВОВ, северной и западной подпорных стенок монумента и ослабленные зоны пород на площадке МВОВ.

3. Полученные в результате комплексных исследований материалы являются исходными данными для выполнения тампонажных мероприятий для мер защиты от грунтовых и ливневых вод МВОВ.

4. Учитывая вероятное техногенное происхождение водонасыщаемой части исследуемого массива, рекомендовано гидроизолирование этого участка посредством его тампонирувания специализированными цементными смесями. Шурфование фундамента для целей гидроизоляции экономически нецелесообразно и может привести к нежелательным последствиям для монумента.

5. На основании материалов исследований определено оптимальное расположение тампонажных скважин. Сток подземных грунтовых вод четвертичного горизонта рекомендовано отвести за пределы площадки монумента, для чего создать барьер тампонажных скважин на западной и северной подпорных стенках монумента «Твоим освободителям, Донбасс», а именно: на западной стенке от сопряжения с северной стенкой пробурить каскад тампонажных скважин (барьерный ряд) глубиной, равной глубине основания фундамента юго-западной наружной стены музея ВОВ с выполнением требований по водопроницаемости барьера.

6. На участке исследований выявлены локальные области ослабленных пород, из которых наиболее опасной является зона по профилю № 1 с локализацией весьма ослабленных пород в интервале ПК 50-80.

7. Поскольку горный массив территории мемориала и прилегающего парка испытывает неравномерную деформационную нагрузку в связи с подработкой, рекомендовано использовать тампонажные смеси, содержащие соответствующие пластификаторы.

8. Учитывая, что площадка МВОВ находится в зоне дробленых пород, сопровождающих Французский надвиг [11] и в выяв-

ленной в результате интерпретации геофизических и деформационных аномалий зоне малоамплитудного тектонического нарушения С-СВ простирания, рекомендовано проведение газового контроля за содержанием метана при бурении тампонажных скважин.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Подтопление наступает широким фронтом [Электронный ресурс] / ДКР Донецкий коммуникационный ресурс – Режим доступа : <http://dkr.com.ua/print/14269.html>.
2. Паспорт геолого-экологических условий поля шахты им. М.И. Калинина ПО «Донецкуголь» / Фонды ГГП «Донбассгеология», рук. Марченко Р.Ю. – Артемовск, 1994. – 70 с.
3. Отчет по проектно-изыскательским работам, раздел «Инженерно-геологические изыскания», выполненным на объекте «Строительство автомобильной дороги на территории парка им. 40-летия ЛКСМУ (Эстакада)» / ООО «АКВА». – Донецк, 2007. – 143 с.
4. Результаты морфоструктурного анализа рельефа земной поверхности и современные деформационные процессы на участке Французского надвига / Н.А. Дьяченко, Н.Н. Киселев, Е.А. Панова, В.А. Привалов // Материалы Международной научно-технической конференции «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия», Донецк 2004 г. – Донецк: Изд. УкрНИМИ НАНУ, 2004, – С. 79 – 85.
5. Spatial differentiation of tectonic activity of regional and linear structures taking into account continuous interaction of endogenic and exogenic processes / N.N. Kiselev, N.A. D'yachenko // 5 International Scientific Conference «Modern management of mining producing, geology and environmental protection», SGEM 2005. – Bulgaria: SGEM Sofia. – 2005. – P. 541 – 548.
6. Дьяченко Н. О. Вплив зсувної тектоніки на деформації земної поверхні при підземній розробці вугільних родовищ : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.16 „Геологія твердих горючих копалин” / Н.О. Дьяченко. – Дніпропетровськ, 2011. – 20 с.

7. Кольчик Е.И., Ревва В.Н., Кольчик А.Е., Софийский К.К. Смещения земной поверхности при наличии мощных породных слоев в подрабатываемом массиве // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк: 2008. – № 1. – С. 173 – 177.
8. СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства / Госстрой СССР, ГУГК СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998. – 104 с.
9. Ольви А.А. Основы инженерной геофизики / А.А. Ольви. – М.: Недра, 1990. – 468 с.
10. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмологии / В.Н. Никитин – М.: МГУ, 1981. – 176 с.
11. Отчет «Картирование Французского надвига и зон разуплотненных пород, приуроченных к нарушению в районе строительства стадиона» / ООО «Укрнтэк-экодинамика». – Донецк, 2004. – 118 с.