

УДК 624.131.1

**А. В. Татаркин^а, П. А. Красильников^а, Ю. И. Олянский^б, С. Н. Тагильцев^в,
Е. В. Щекочихина^б, К. А. Алванян^а**

^а *Пермский государственный национальный исследовательский университет*

^б *Волгоградский государственный технический университет*

^в *Уральский государственный горный университет*

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ НА РЕКЕ ЧЕРМОЗ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Приводятся результаты комплексных инженерно-геологических и инженерно-геофизических исследований по выявлению ослабленных зон гидротехнического сооружения, возведенного в 2010 г. в городе Чермозе Пермского края.

К л ю ч е в ы е с л о в а: электроразведка, сейсморазведка, декларация устойчивости, гидротехническое сооружение.

Введение

Оценка устойчивости и физического состояния гидротехнических сооружений (ГТС), таких как водохранилища, пруды, имеет важное значение. Нарушение их работы может привести не только к серьезным экономическим и экологическим последствиям, но и к авариям, угрожающим жизни людей [1—4]. В Пермском крае насчитывается свыше 1100 различных ГТС. Часто разрушение этих объектов происходит из-за несвоевременного выполнения ремонтных и восстановительных работ, которые не запланированы из-за нехватки информации о состоянии конструкций (наличие зон разуплотнения, однородности массива, переувлажнения грунтов и т. д.). Инженерно-геологические методы (проходка шурфов и скважин), используемые для оценки состояния, не всегда дают полное представление о проблемах из-за дискретного характера собранной информации и высокой стоимости работ. Кроме того, механическое воздействие на ГТС не улучшает их прочностные характеристики. В последние годы растет интерес к методам оперативного неразрушающего контроля, базирующихся на геофизических исследованиях.

Целью проведенных исследований стала оценка состояние грунтов, слагающих тело плотины, с использованием инженерно-геофизических методов, в т. ч. выявление ослабленных областей с отличающимися от проектных физико-механическими свойствами и выделение участков с повышенной влажностью или наличием фильтрации сквозь тело плотины, которые вызывают суффозионные процессы.

Объект изучения представлен плотиной на р. Чермоз Пермского края. Территориально объект исследования расположен в г. Чермоз (рис. 1).

Пруд на р. Чермоз создан в 1764 г., как и большинство его уральских соседей, для обеспечения энергией медеплавильного завода Строгановых. Некогда этот пруд был одним из крупнейших на Урале и даже имел свое название — Лазаревский, в честь владельца завода и одного из уважаемых людей города. За свою 250-летнюю историю пруд пережил множество «взлетов и падений», заработав неоднозначную репутацию среди местного населения. Это была свайно-насыпная плотина длиной 330 и шириной 40 м.

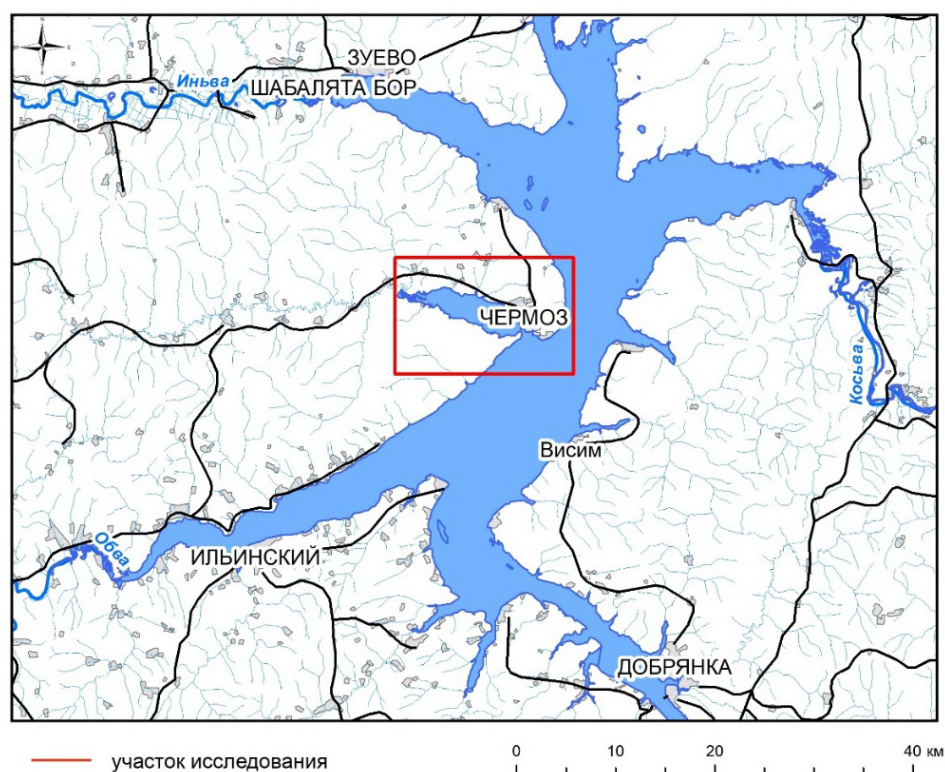


Рис. 1. Местоположение участка исследования

С приходом советской власти отношение к пруду резко поменялось: берега перестали чистить и укреплять, сплав леса пошел по реке в плотках. В итоге пруд обмелел, а дно его заполнилось топляком. В 1965 г. после строительства Камского водохранилища пруд потерял былую значимость, плотина заводского пруда была взорвана, а сам пруд стал заливом. Так на месте Лазаревского пруда появился Чермозский залив Камского моря. В зоне затопления водохранилища оказалось порядка тысячи строений, в т. ч. на территории города. В зоне затопления оказался и завод, порядком устаревший к тому времени, но все еще работавший.

В начале 2000-х гг. по инициативе местной власти пруд решено было восстановить. Причиной стало то, что при спуске воды ГЭС в Перми Чермозский залив мелел, это приводило к массовой гибели рыбы и разрушению берегов в районе Чермоза.

Осенью 2001 г. в створе разрушенной при строительстве Камской ГЭС плотины Чермозского пруда начались строительные работы. Правосторонняя часть проектируемой плотины проходила по полуострову, представляющему собой часть оставшейся после затопления водохранилищем I-й надпойменной террасы р. Камы. Рельеф равнинный, слабоволнистый, мелко расчлененный, средне пологий. Берег со стороны Камского водохранилища подвержен береговой абразии — происходил размыв, снос суглинистого материала, подмыв дерна, его обрушение. Прибрежная зона перекрыта наносами в виде песка. В ноябре — декабре 2005 г. произведена засыпка пророна грунтом из местного

карьера глин. Высота отсыпанной насыпи составила 6 м, ширина по верху около 20 м.

В ходе возведения плотины была нарушена технология строительства и допущены существенные ошибки. По результатам авторского надзора, выполненного в 2007 г., толща насыпи представлена гравийными грунтами с суглинистым, супесчаным твердым заполнителем, суглинком гравелистым твердым, тугопластичным, супесью гравелистой твердой, суглинком дресвяным твердым слабозаторфованным (дресва и щебень шлака), шлаком котельным, суглинком тяжелым пылеватым, тяжелым песчанистым, легким песчанистым, от полутвердого до тугопластичного по консистенции, иногда с включениями гравия, супесью песчанистой пластичной. В отдельных скважинах вскрыты суглинки гравелистые текучие, тяжелые пылеватые тугопластичные мерзлые (с льдистостью до 30 %). Общая вскрытая мощность насыпных грунтов 3,0...5,0 м. Насыпные грунты уплотненные, отсыпаны сухим способом. Возраст насыпных грунтов до одного года.

По данным лабораторных исследований, выполненных в ходе инженерных изысканий по авторскому надзору, коэффициент уплотнения грунта на участке отсыпанной насыпи плотины равен $K_{упл} = 0,89$ (с учетом фракции более 10 мм). Согласно регламентирующего СНиПа¹, наименьший требуемый коэффициент уплотнения грунта в насыпи плотины должен быть равен $K_{упл} = 0,95$. Таким образом, грунт на участке отсыпанной насыпи плотины недоуплотнен. Согласно проведенным работам, основной причиной недоуплотнения грунтов в насыпи является нарушение технологии строительства. Строительство осуществлялось в зимний период, грунт закладывали в замороженном состоянии, не уплотняя. По результатам авторского надзора выдана рекомендация — тело насыпи вскрыть и провести послойное уплотнение грунтов до проектных показателей [5].

В 2010 г. ГТС сдано в эксплуатацию в составе: земляная плотина длиной 3 км, водосбросное сооружение шириной 24 м и мостовой переход. Средняя глубина пруда достигает 3 м, у плотины — 11 м. При этом нарушения в ходе выполнения строительных работ привели к формированию ослабленных зон и активизации негативных процессов в теле плотины. В связи с чем целевая задача данных исследований является весьма актуальной.

Методика исследований

Для достижения поставленной цели, с учетом разработанной ранее методики неразрушающего контроля [6, 7], выполнен комплекс геофизических исследований с использованием методов:

- вертикального электрического зондирования (ВЭЗ);
- естественного поля (ЕП);
- отраженных волн по методике общей глубинной точки (МОВ ОГТ).

Участок исследований и ситуационный план приведены на рис. 2 и 3. В таблице 1 приведено геологическое описание параметрической скважины 1а, расположенной в центральной части профиля геофизических исследований, пробуренной при выполнении работ.

¹ СП 45.13330.2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 (Изм. 1, 2, 3). URL: <https://docs.cntd.ru/document/456074910/titles/8PO0LU>.



Рис. 2. Обзорная схема участка исследований на плотине р. Чермоз.

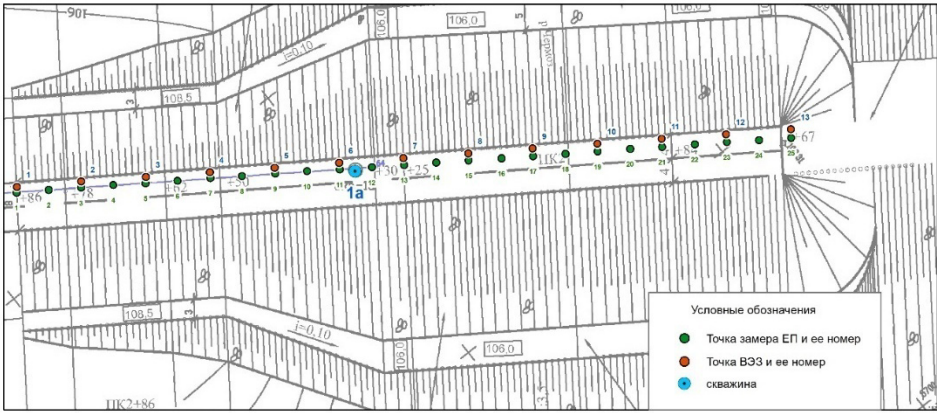


Рис. 3. Ситуационный план местоположения параметрической скважины и точек замеров

Таблица 1

Геологическая характеристика скважины 1а

№ слоя	Описание пород	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Мощность слоя, м	Уровень подземных вод, м
			от	до		
1	Насыпной грунт представлен суглинком тяжелым пылеватым, тугопластичным с прослоями глины тяжелой полутвердой и тугопластичной по консистенции	t	0,0	6,6	6,6	
2	Суглинок тяжелый пылеватый, тугопластичный по консистенции	aQ1V	6,6	8,0	1,4	▼6,6

Комплексирование методов обусловлено тем, что показателями, получаемыми в результате обработки сейсморазведочных данных, являются скорости упругих волн. Существующие статистические методы анализа кинематических и динамических характеристик волнового поля [8—11] позволяют выделить на основе этих данных зоны с ослабленными физико-механическими свойствами грунтов. Результатами электроразведочных исследований являются кажущиеся сопротивления грунтов, позволяющие с высокой достоверностью судить о степени влажности и глинистости грунтов. Таким образом, методы дополняют друг друга и позволяют достоверно и обоснованно характеризовать техническое состояние грунтовой плотины.

В качестве инструментальных средств интерпретации использованы специализированные интерактивные программные продукты.

Методика сейсморазведочных исследований

Сейсморазведочные наблюдения выполнены с помощью МОВ ОГТ. Использована переменная система наблюдений — от фланговой до центральной. Расстояние между пунктами приема ($dx_{\text{ПП}}$) = 1 м, между пунктами возбуждения ($dx_{\text{ПВ}}$) = 1 м, средняя кратность равна 16, длина записи 512 мс, шаг дискретизации 0,5 мс в открытом канале, число каналов приема 32. Для полевых наблюдений использована цифровая телеметрическая сейсмостанция IS-128 (ООО НПП «Интромаг», Пермь).

Технология МОВ ОГТ имеет ряд преимуществ перед методом преломленных волн (МПВ), как при выполнении полевых работ, так и при обработке и интерпретации материалов. К преимуществам можно отнести:

- отсутствие явления выпадения слоя, отсутствие необходимости в длинных полевых расстановках (следовательно, повышается отношение сигнал/шум);
- возможно применение высокотехнологичных методик обработки, присущих методике ОГТ;
- более высокая разрешающая способность, чем в МПВ [12, 13].

Оценка изменчивости свойств грунтов выполняется наложением нормированных статистических оценок различных динамических и кинематических характеристик волнового поля, в т. ч. амплитуды записи преобладающей частоты, когерентности записи, и эффективной скорости [9]. Результирующая оценка является коэффициентом ослабления фоновых значений физико-механических свойств, и представляется в виде разрезов с вынесением максимальных значений на план или в виде объемных изображений [1, 13].

Скоростные разрезы или их объемное изображение также являются самостоятельным результатом обработки и позволяют выделить участки грунтов с пониженной плотностью, поскольку между скоростью распространения упругих волн и плотностью среды существует прямая корреляционная зависимость.

Методика электроразведочных работ. Метод ВЭЗ

Электроразведочные наблюдения проводились методом ВЭЗ с использованием четырехэлектродной симметричной измерительной установки Шлюмберже.

Наблюдения проводились по профилю, проходящему вдоль тела гидротехнического сооружения. Длина профиля составила 120 м. Шаг между точками зондирования выбирался в соответствии с требуемыми детальностью и

глубинностью исследований (10 м). Значения разносов питающей линии (AB) менялись до 74 м.

Измерения проводились с помощью аппаратуры АМС-1, обладающей повышенной помехозащищенностью и высокой точностью измерений. Обработка и интерпретация результатов электрического зондирования осуществлялась с помощью автоматизированной интерактивной системы «Зонд» [14, 15].

Метод ЕП

С целью получения информации о фильтрационных процессах, связанных с движением грунтовых вод в горном массиве дамбы, использован метод ЕП. При изучении естественного постоянного электрического поля съемка проводилась по методике градиента потенциалов. Наблюдения выполнены по профилю ВЭЗ. Шаг между пикетами составил 5 м.

Результаты работ

Результаты электроразведочных работ

Выполнен комплекс работ, включающий обработку и анализ полевых наблюдений, их качественную интерпретацию и графическое представление результатов.

Анализ полученных материалов показал, что отмечается значительная дифференциация электрических свойств среды, значения кажущегося сопротивления исследуемой территории меняются в пределах от 13 до 135 Ом·м (рис. 4).

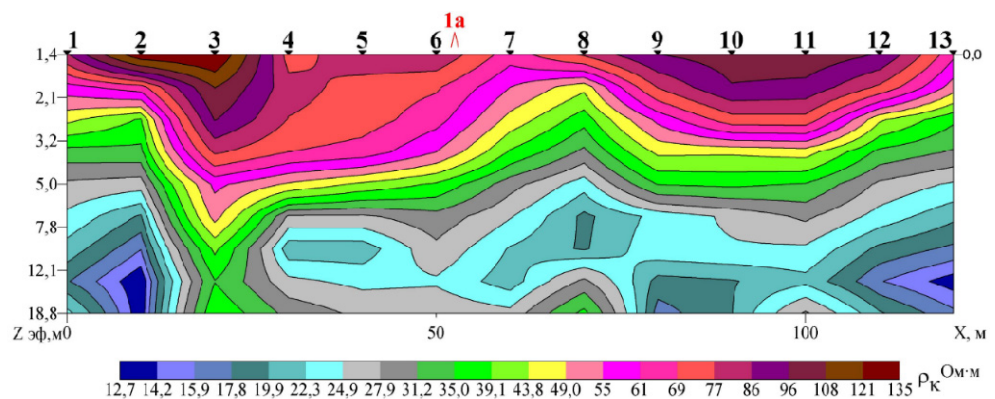


Рис. 4. Разрез кажущегося сопротивления, построенный по результатам качественной интерпретации

Геологический разрез до глубины порядка 5 м характеризуется повышенными сопротивлениями и представлен, согласно данным бурения, насыпными грунтами. В пределах данной толщи прослеживается как повышение, так и некоторое уменьшение сопротивления, что обусловлено различной глинистостью, влажностью грунтов, слагающих разрез. Наиболее высокие сопротивления прослеживаются в районе ПК3 и ПК10.

С увеличением глубины сопротивление уменьшается, указывая на увеличение глинистости и/или влажности отложений. Наиболее низкие значения сопротивлений пород прослеживаются в районе ПК1, ПК13 на глубине 12 м.

В пределах исследуемой толщи отмечается латеральная изменчивость электрических свойств разреза.

По результатам количественной интерпретации получен пятислойный геоэлектрический разрез (рис. 5), отображающий особенности строения и характер изменения электрических свойств грунтов, составляющих разрез.

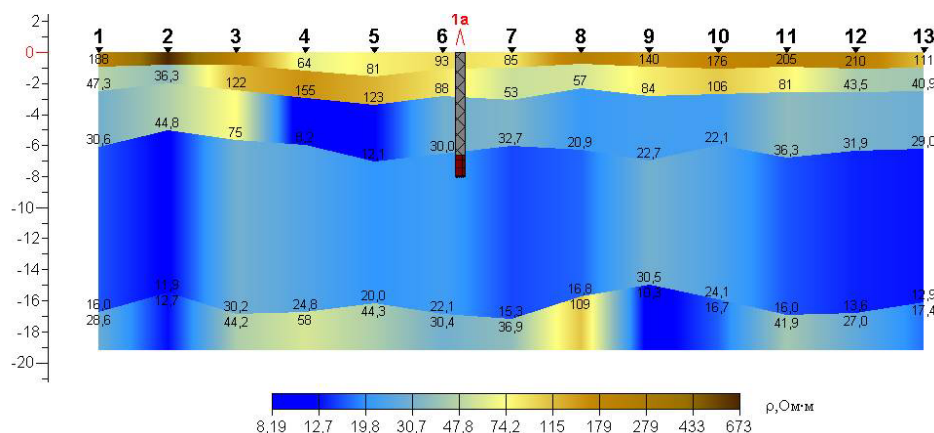


Рис. 5. Геоэлектрический разрез, построенный по результатам количественной интерпретации ВЭЗ

Диапазон изменения удельных сопротивлений (УЭС) находится в пределах от 8,19 до 673 Ом·м.

Комплекс насыпных грунтов представлен тремя геоэлектрическими горизонтами с повышенными электрическими сопротивлениями.

Уменьшение УЭС в пределах второго геоэлектрического горизонта в районе ПК1, ПК13, а также в пределах третьего горизонта (за исключением ПК3) связано с увеличением влажности или глинистости насыпных грунтов. Аномально низкие значения УЭС отмечаются в пределах третьего геоэлектрического горизонта в районе ПК4.

С увеличением глубины УЭС пород уменьшается, что обусловлено увеличением влажности и/или количества глинистых компонентов в составе пород.

Повышение УЭС в районе ПК3...ПК5, ПК8 на глубине более 16 м связано с появлением высокоомных включений в составе пород и уменьшением глинистости (влажности) грунтов.

Таким образом, по результатам работ ВЭЗ в интервале глубин 0...6 м отмечается одна выраженная область пониженных сопротивлений, в районе ПК4...ПК5. Этот участок рекомендуется для выполнения детальных работ сейсморазведочным методом.

Результаты работ методом ЕП

Изучение естественного постоянного электрического поля проводилось в модификации градиента потенциалов. Наблюдения выполнены по профилю ВЭЗ с шагом 5 м.

График потенциалов, представленный на рис. 6, позволяет на качественном уровне провести выделение аномалий положительного или отрицательного знака в районе пикетов ВЭЗ 1...7, 11...13 (зоны питания) и пикетов 8, 9 (области разгрузки), указывающих на процессы фильтрации вод сквозь тело плотины.

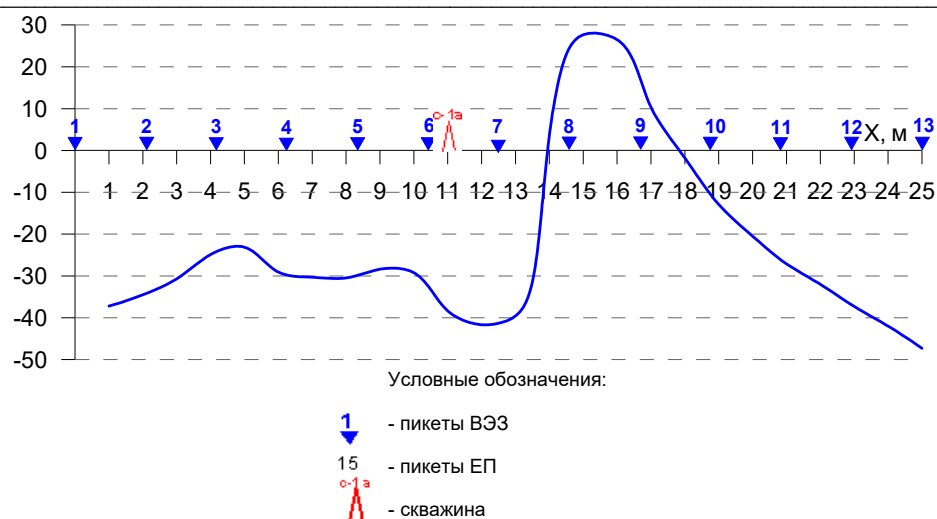


Рис. 6. График потенциала, полученный по результатам исследований дамбы методом ЕП

Результаты сейсморазведочных работ

Детализационный сейсморазведочный профиль выполнен в пределах пикетов ВЭЗ 1...7, где в интервале глубин 0...6 м обнаружена область пониженных сопротивлений (см. рис. 5). В результате обработки для сейсморазведочного профиля получены временной (рис. 7) и скоростной (рис. 8) разрезы ОГТ.

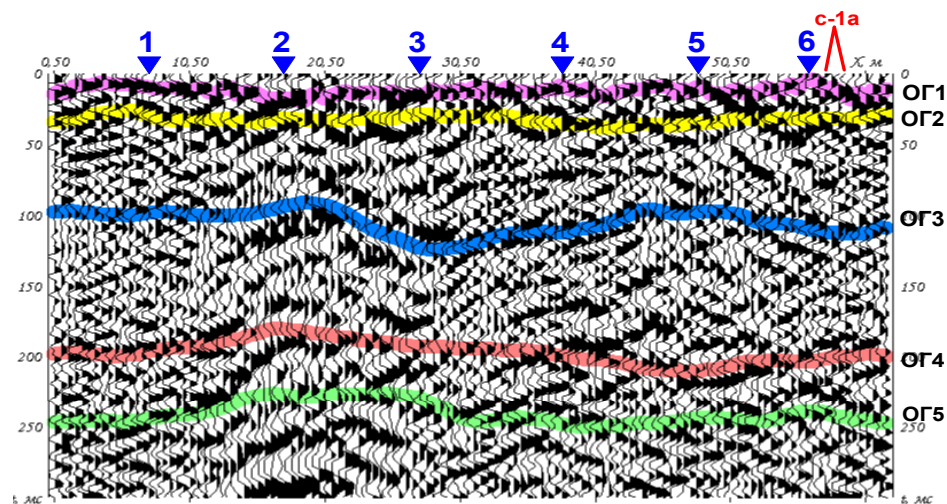


Рис. 7. Временной разрез

Различие в видимой частоте временного разреза позволяет условно разделить его на три области — от ПК0 до ПК12, от ПК12 до ПК30, от ПК30 до ПК64. Первая и третья области схожи по частотному составу, вторая отличается от них снижением видимой частоты. Причиной могут служить как поверхностные условия, так и внутренняя структура плотины.

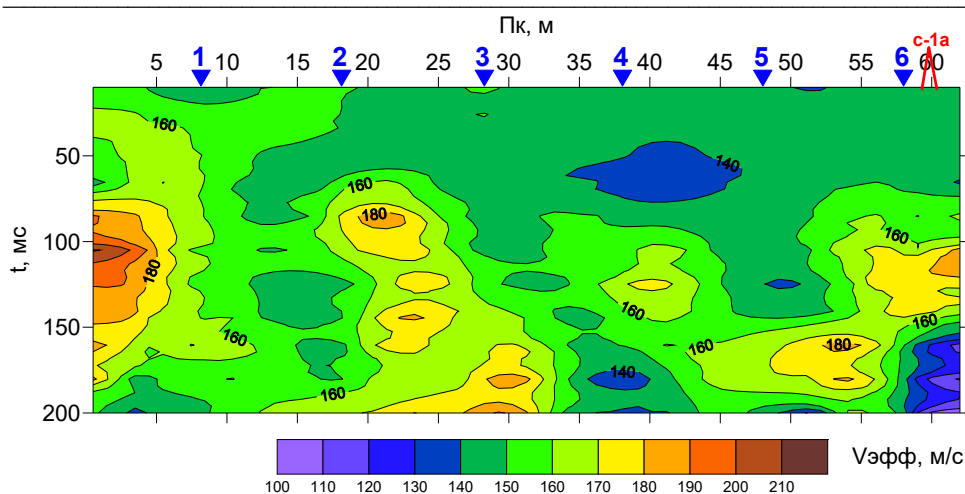


Рис. 8. Скоростной разрез

На скоростном разрезе (см. рис. 8) отмечается общее увеличение скоростей волн с увеличением времени (глубины). Данный факт согласуется с теорией. Пределы изменения скоростей — от 100 до 220 м/с. Отмечается также и горизонтальная изменчивость скоростей. Области пониженных скоростей выделяются в пределах пикетов 7...17 и 25...40 на всем интервале глубин, в пределах пикетов 35...45 — в интервале эффективных глубин 0...7 м, в пределах пикетов 45...50 — в интервале эффективных глубин 0...13 м. Аномалия в пределах пикетов 57...64 на времени 150...200 мс, скорее всего, связана со снижением кратности на конце профиля.

Участки понижения скоростей упругих волн связаны с уменьшением плотности грунтов и/или увеличением их влажности. Увеличение значений комплексного параметра свидетельствует об ухудшении физико-механических свойств грунтов.

Для получения количественных характеристик геосейсмического разреза выполнена интерпретация данных, в ходе которой получены глубины залегания отражающих границ и интервальные скорости слоев (рис. 9). На геосейсмическом разрезе выделено пять слоев.

Первый геосейсмический слой (от поверхности до отражающего горизонта ОГ1) характеризуется относительно пониженными значениями скоростей — 130...160 м/с. Наименьшие скорости отмечаются в пределах ПК45...ПК64. Глубина залегания подошвы слоя изменяется от 0,7 до 1 м, в среднем составляя 0,9 м. Согласно результатам бурения, слой представлен наиболее уплотненными насыпными грунтами — суглинками с прослоем глины.

Второй геосейсмический слой (ОГ1...ОГ2) характеризуется небольшим повышением скоростей упругих волн — 143...167 м/с. Наименьшие скорости отмечаются в пределах ПК40...ПК64, что указывает на разуплотнение и/или повышенную влажность грунтов в данной области. Глубина залегания подошвы слоя изменяется от 2,2 до 2,6 м, и в среднем составляет 2,4 м. По данным бурения, слой так же представлен насыпными суглинками с прослоями глины.

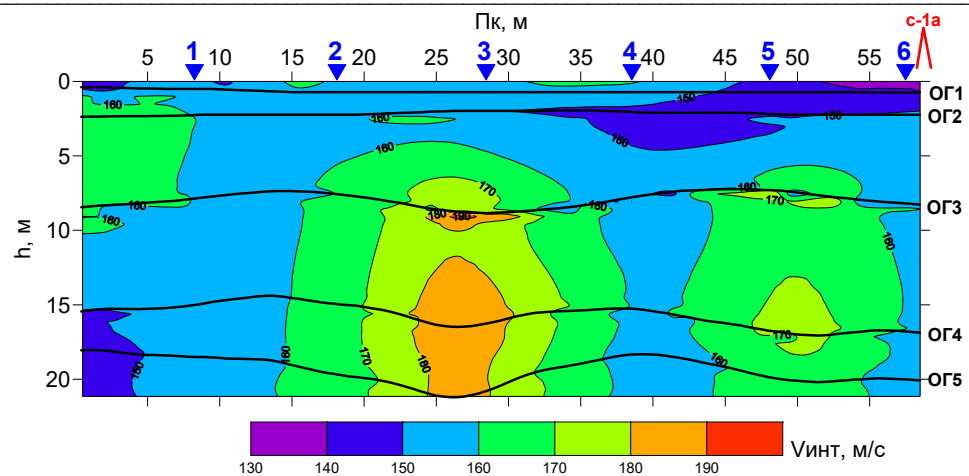


Рис. 9. Геосейсмический разрез

Подошва *третьего* геосейсмического слоя (ОГ2...ОГ3) залегает в интервале 7,4...9 м, в среднем на глубине 8,14 м. Отмечается небольшое увеличение скоростей упругих волн по сравнению со вторым геосейсмическим слоем до 147...170 м/с, что указывает на небольшое увеличение плотности грунтов и/или уменьшение их влажности. Слой в верхней части до глубины 6,6 м представлен насыпными суглинками с прослоями глины, в нижней части, ниже 6,6 м — тяжелыми тугопластичными суглинками. Отмечается участок пониженных скоростей в пределах пикетов 35...47.

Таким образом, область пониженных скоростей, выделяемая в пределах слоев 1...3, четко коррелирует с областью пониженных сопротивлений в пределах геоэлектрических слоев 1...3 (см. рис. 4, 8).

Нижезалегающий *четвертый* геосейсмический (ОГ3...ОГ4) слой характеризуется дальнейшим незначительным увеличением скорости упругих волн от 146 до 195 м/с. Глубина залегания подошвы слоя изменяется от 14,5 до 17,2 м, и в среднем составляет 15,8 м. Отмечается локальное уменьшение скоростей в пределах ПК0...ПК15 и ПК37...ПК42.

Подошва *пятого* геосейсмического слоя (ОГ4...ОГ5) залегает на глубинах от 18,1 до 21,3 м, в среднем на глубине 19,5 м. Интервальная скорость изменяется от 146 до 184 м/с. Локальные уменьшения скоростей, как и в предыдущем слое, отмечаются в пределах ПК0...ПК15 и ПК37...ПК42.

Область пониженных скоростей в интервале геосейсмических слоев 4 и 5, выделяемая в пределах ПК0...ПК15, четко коррелирует с областью пониженных сопротивлений, выделяемой в интервале геоэлектрических слоев 4...5 (ПК ВЭЗ 1, 2).

Для оценки изменчивости физико-механических свойств грунтов вычислен комплексный параметр, представляющий собой коэффициент ослабления физико-механических свойств грунтов (рис. 10).

Наиболее значительное понижение физико-механических свойств (коэффициент понижения до 1,2...1,3) отмечается в пределах ПК40...ПК55, в интервале времен 10...150 мс, что соответствует интервалу эффективных глубин от 1 до 15 м. Кроме этого, можно выделить еще две области с

коэффициентом понижения до 1,15...1,2: ПК10...ПК18, интервал времен 100...180 мс, эффективная глубина 10...18 м; ПК27...ПК38, интервал времен 10...200 мс, эффективная глубина 1...20 м. Повышенные значения комплексного параметра в пределах ПК60...ПК64 не связаны с геологическими причинами, а вызваны уменьшением кратности в конце профиля [16—18].

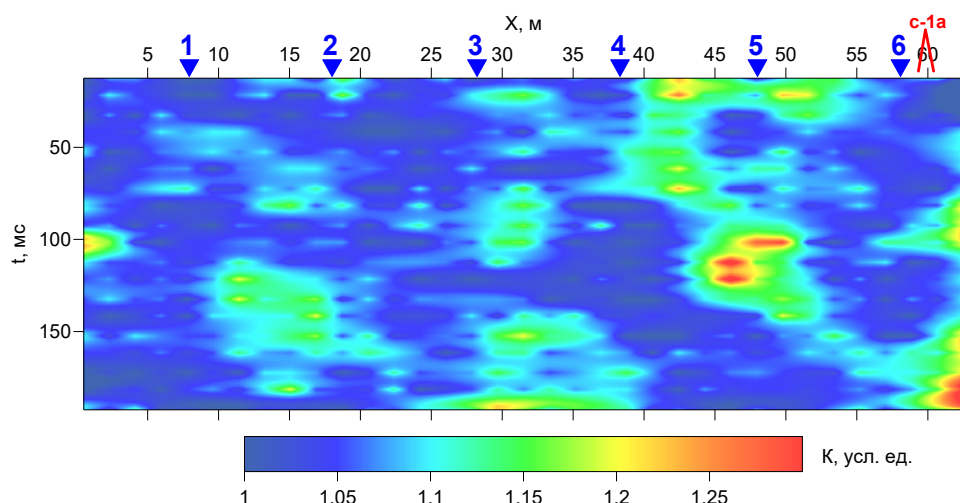


Рис. 10. Коэффициент ослабления физико-механических свойств грунтов

Общие закономерности распределения скоростей упругих волн хорошо согласуются с результатами качественной интерпретации — отмечаются две области пониженных скоростей упругих волн — в пределах ПК10...ПК15 (интервал глубин распространения аномалии согласно количественной интерпретации 0...20 м) и в пределах ПК35...ПК64 (интервал распространения 0...8 м). Поведение отражающих границ относительно выдержанное, отсутствуют резкие падения и подъемы. Области пониженных сопротивлений хорошо коррелируются с областями пониженных скоростей и зонами разгрузки и питания, выделенными методом ЕП (рис. 11).

Заключение

В результате комплексного анализа геофизических исследований можно говорить о наличии зон, характеризующихся пониженными сопротивлениями (повышенная влажность, глинистость, разуплотнение грунтов), структурными особенностями геофизических границ, низкими скоростями упругих волн, ухудшенными физико-механическими свойствами [19—21].

Участки аномальных значений сопротивлений, отождествленные с изменениями состава, физического состояния пород и водонасыщенности грунтов, подтверждаются зонами питания и разгрузки грунтовых вод установленными по данным метода ЕП.

Детальные сейсморазведочные исследования дали возможность уточнить и локализовать интервалы изменчивости физико-механических свойств грунтов, обусловленные наличием фильтрационных потоков вод и суффозионных процессов в теле плотины.

Выполненная оценка физического состояния грунтов позволила выявить интервалы пород, связанные с движением подземных вод через тело плотины.

Ослабленные зоны, выделенные электроразведкой и сейсморазведкой, четко коррелируют между собой, что указывает на надежность использования результатов исследования в качестве исходных данных для последующего мониторинга состояния плотины и разработки проектных решений.

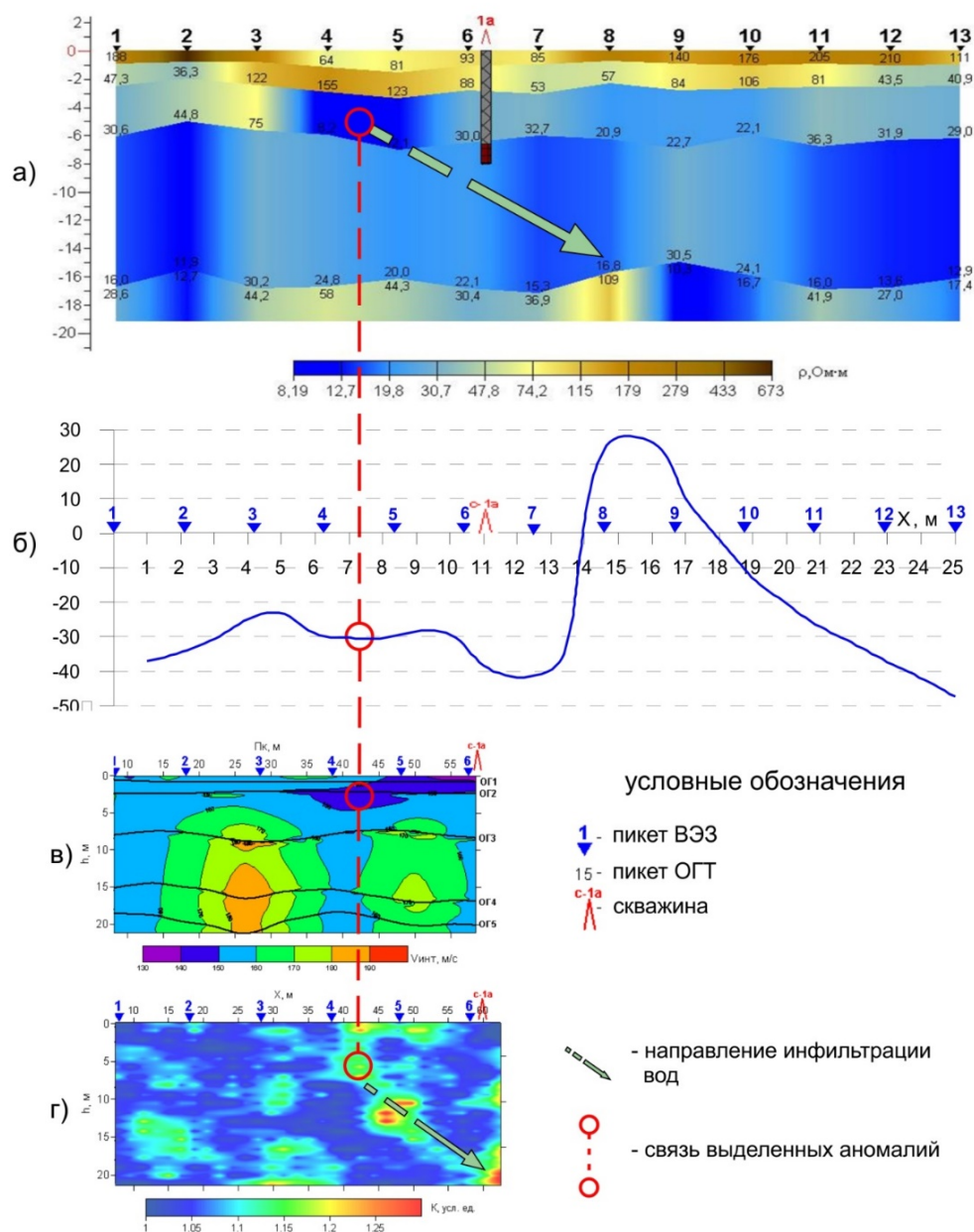


Рис. 11. Результаты комплексной оценки прогноза ослабленных зон в теле плотины

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В., Калиновский С. А. Прогнозирование послепросадочного уплотнения замедленно просадочных лессовых грунтов при строительстве гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2019. № 8. С. 13—17.
2. Щекочихина Е. В., Калиновский А. С., Степанова Е. А. Цель и задачи инженерно-геологических изысканий для проектирования гидротехнического строительства на просадочных грунтах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 51(70). С. 5—13.
3. Olyansky Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskiy S. A. Features of assessment of subsidence properties of loess rocks in the design of bases and foundations in central Moldova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Pp. 042—058.
4. Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskii S. A. Predicting the post-subsidence consolidation of slowly subsiding loess soils in constructing hydraulic structures // Power Technology and Engineering. 2020. Vol. 53. Iss. 5. Pp. 545—548.
5. Восстановление плотины Чермозского пруда в Ильинском районе Пермского края: авторский надзор за строительством по объекту. Пермь : ОАО «Пермгипроводхоз», 2007.
6. Methodology of natural risk assessment in Russia / V. I. Osipov, V. I. Larionov, V. N. Burova, N. I. Frolova, S. P. Sushchev // Natural Hazards. 2017. Vol. 88. Iss. S1. Pp. 17—41.
7. Osipov V. I., Burova V. N., Karfidova E. A. Methodological principles of geo-hazard vulnerability evaluation of capital construction assets in urbanized areas // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2017. Vol. 53. Iss. 6. Pp. 420—425.
8. Колесников В. П. О повышении однозначности интерпретации электрических зондирований // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 2. С. 45—51.
9. Колесников В. П. Основы интерпретации электрических зондирований. М. : Научный мир, 2007. 248 с.
10. Никитин В. Н. Основы инженерной сейсмики. М. : Изд-во МГУ, 1981 г. 176 с.
11. Осипов А. А. Основы инженерной геофизики: учебник для вузов. М. : Недра, 1990. 501 с.
12. Воронков О. К., Сигачева Н. Н., Моторин Г. А., Ушакова Л. Ф. Геофизическая диагностика состояния и свойств грунтовой плотины и основания, сложенных глинистыми грунтами // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2007. Т. 246. С. 3—14.
13. Определение физико-механических свойств грунтов при оценке состояния гидротехнических сооружений методами неразрушающего контроля / А. М. Пригара, А. В. Татаркин, О. Г. Пенский, Б. М. Осовецкий, А. В. Коноплев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 360—372.
14. Гилева М. И., Татаркин А. В., Филимончиков А. А. К вопросу определения удельного электрического сопротивления дисперсных грунтов в лабораторных условиях // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1(22). С. 44—48.
15. Джурик В. И., Серебренников С. П., Ескин А. Ю. Опыт электроразведочных исследований состояния и поля фильтрации грунтовых плотин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2006. № 5. С. 459—466.
16. Olyansky Yu. I., Kuzmenko I. Y., Shchekochikhina E. V. Features of construction buildings on the loessial soil of central Moldova // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 2208—2212.
17. Пригара А. М., Санфиоров И. А. Использование динамических характеристик сейсмических записей для уточнения прочностных характеристик массивов горных пород // Горное эхо. 2022. № 3(9). С. 26—30.
18. Простов С. М., Костюков Е. В., Бахаева С. П. Прогноз устойчивости грунтовых дамб. Кемерово : КузГТУ. 2006. 171 с.
19. Olyansky Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskiy S. A. Researches of the seismic properties of clay soils for seismic microzoning // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 753. Iss. 2. Pp. 022—005. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022005.
20. Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskii S. A. Forecast of magnitude post subsidence compaction at the bulding on slow-subsidence of loess soils // 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment. 2019. Vol. 97. Iss. 1. Pp. 04001.

21. *Olyansky Yu. I., Kalinovsky S. A.* Features of construction of buildings and constructions on loessial the bases in Moldova // XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering: Construction — The Formation of Living Environment. 2018. Vol. 365. Iss. 6. Pp. 062—034.

© *Татаркин А. В., Красильников П. А., Олянский Ю. И., Тагильцев С. Н.,
Щекочихина Е. В., Алванян К. А., 2025*

*Поступила в редакцию
21.03.2025*

Ссылка для цитирования:

Инженерно-геофизические исследования состояния грунтовой плотины на реке Чермоз (Пермский край) / А. В. Татаркин, П. А. Красильников, Ю. И. Олянский, С. Н. Тагильцев, Е. В. Щекочихина, К. А. Алванян // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 25—39. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_25.

Об авторах:

Татаркин Алексей Викторович — д-р техн. наук, проф. каф. инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный национальный исследовательский университет. Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vsto08@mail.ru

Красильников Павел Анатольевич — д-р геол.-минерал. наук, проф. каф. инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный национальный исследовательский университет. Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15; geolnauka@gmail.com

Олянский Юрий Иванович — д-р геол.-минерал. наук, проф. каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; olyansk@list.ru

Тагильцев Сергей Николаевич — д-р техн. наук, проф. каф. гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, Уральский государственный горный университет. Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Щекочихина Евгения Викторовна — канд. геол.-минерал. наук, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; karnat.1@yandex.ru

Алванян Карина Антоновна — канд. геол.-минерал. наук, доц. каф. инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный национальный исследовательский университет. Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15

**Alexey V. Tatarkin^a, Pavel A. Krasilnikov^a, Yurii I. Olyanski^b, Sergey N. Tagiltsev^c,
Evgeniya V. Shchekochikhina^b, Karina A. Alvanyan^a**

^a *Perm State National Research University*

^b *Volgograd State Technical University*

^c *Ural State Mining University*

ENGINEERING-GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS OF THE CONDITION OF THE GROUND DAM ON THE CHERMOZ RIVER (PERM REGION)

The article presents the results of complex engineering-geological and engineering-geophysical studies to identify weakened zones of the hydraulic structure in the city of Chermoz in Perm Krai, built in 2010.

Key words: electrical exploration, seismic exploration, declaration of stability, hydraulic structure.

For citation:

Tatarkin A. V., Krasilnikov P. A., Olyanskii Yu. I., Tagiltsev S. N., Shchekochikhina E. V., Alvanyan K. A. [Engineering-geophysical investigations of the condition of the ground dam on the Chermoz river (Perm region)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 2, pp. 25—39. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_25.

About authors:

Alexey V. Tatarkin — Doctor of Engineering Sciences, Perm State National Research University. 15, Bukirev st., Perm, 614068, Russian Federation; vsto08@mail.ru

Pavel A. Krasilnikov — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Perm State National Research University. 15, Bukirev st., Perm, 614068, Russian Federation; geolnauka@gmail.com

Yurii I. Olyanskii — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; olyansk@list.ru

Sergey N. Tagiltsev — Doctor of Engineering Sciences, Ural State Mining University. 30, Kuibysheva st., Perm, 620144, Russian Federation

Evgeniya V. Shchekochikhina — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; karnat.1@yandex.ru

Karina A. Alvanyan — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Perm State National Research University. 15, Bukirev st., Perm, 614068, Russian Federation