



**В. В. Монахов**  
**В. И. Овчинников**  
**А. В. Урусова**  
**М. П. Ширококов**

ООО "НПЦ ГЕОТЕХ", МОСКВА  
ООО "НПЦ ГЕОТЕХ", МОСКВА  
ООО "НПЦ ГЕОТЕХ", МОСКВА  
ООО "НПЦ ГЕОТЕХ", МОСКВА

## **ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С ЦЕЛЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

В современных условиях эксплуатации железных дорог земляное полотно испытывает интенсивное воздействие поездных нагрузок. В сочетании с влиянием погодноклиматических и геологических факторов это приводит к возникновению в земляном полотне деформаций и повреждений, которые создают угрозу безопасности движения поездов. Выявление и локализация таких потенциально опасных участков, а также выяснение причин их возникновения является основной задачей диагностики земляного полотна железной дороги. Существует технологический регламент, основу которого составляют различные методы диагностики и режимных наблюдений, позволяющие вести контроль за деформациями. Одним из геофизических методов, с помощью которого возможно выделение потенциально опасных объектов земляного полотна, является сейсмический. Исследуются зависимости скорости распространения упругих волн и их амплитудно-частотных параметров от типа и свойств грунтов земляного полотна.

В настоящей статье рассматриваются вопросы, связанные с применением сейсмического метода для выявления и локализации потенциально опасных объектов в пределах основной площадки железнодорожного пути. Основой являются результаты геофизических исследований, выполненных при инженерно-геологических изысканиях на деформирующихся участках с различными климатическими и инженерно-геологическими условиями: на 1781 км перегона Армавир - Туапсе Северо-Кавказской железной дороги (деформации земляного полотна связаны с оползневыми процессами), на 22 км перегона ст. Покровская - ст. Красный Строитель Московской железной дороги (деформации вызваны процессами линейной суффозии) и на 2173 км перегона Инта - Воркута Северной железной дороги (деформации связаны с деградацией многолетнемёрзлых грунтов).

Физической предпосылкой для постановки такого вида работ явились исследования, базирующиеся на теоретических и многочисленных экспериментальных

зависимостях сейсмических характеристик от показателей напряжённого состояния массива и прочностных характеристик слагающих его пород. В работе [3] показано, что скорость продольных волн  $V_p$  и её изменение в пространстве и во времени прямо связаны с характером развития любых экзогенных геологических процессов, приводящих к нарушению сплошности массива. Это позволяет с помощью сейсмических методов осуществлять физически обоснованный пространственно-временной контроль за развитием таких процессов. Данный вывод был сделан в процессе многолетних исследований ВСЕГИНГЕО по разработке методики сейсмических наблюдений при изучении оползневых процессов. При этом во внимание было принято два важных факта:

1) сейсмические характеристики весьма чувствительны к изменению напряжённо-деформированного состояния пород на этапе подготовки опасных геологических процессов, вызывающих нарушение сплошности среды, особенно на ранних стадиях;

2) изменения сейсмических характеристик происходят по всему разрезу и с учётом строения среды с большой точностью могут быть зафиксированы вблизи земной поверхности.

Основываясь на указанных исследованиях, для оценки состояния грунтов в пределах основной площадки железнодорожного пути на изучаемых участках отработывались сейсмические профили вдоль рельсо-шпальной решетки по плотной сети наблюдений (шаг между пунктами приёма - 2 м, между пунктами возбуждения упругих колебаний - 4 - 8 м). На рис. 1 показаны полевые сейсмограммы, зарегистрированные по схеме Z-Z, на которых отображено волновое поле упругих колебаний, характерное для условий с развитием оползневых процессов, линейной суффозии и многолетнемёрзлых пород.

Принципиальных различий в волновой картине не отмечается, наблюдаются лишь разные интервалы прослеживания прямых (слабо рефрагированных) волн, по

годографам которых рассчитывается распределение скоростей  $V_p$  в приповерхностных грунтах земляного полотна. В качестве примера на рис. 2 отображен фрагмент поля годографов, полученных в результате корреляции первых вступлений на участке 22 км Московской железной дороги.

Значительная плотность наблюдений обеспечивает построение высокоразрешённого скоростного разреза,

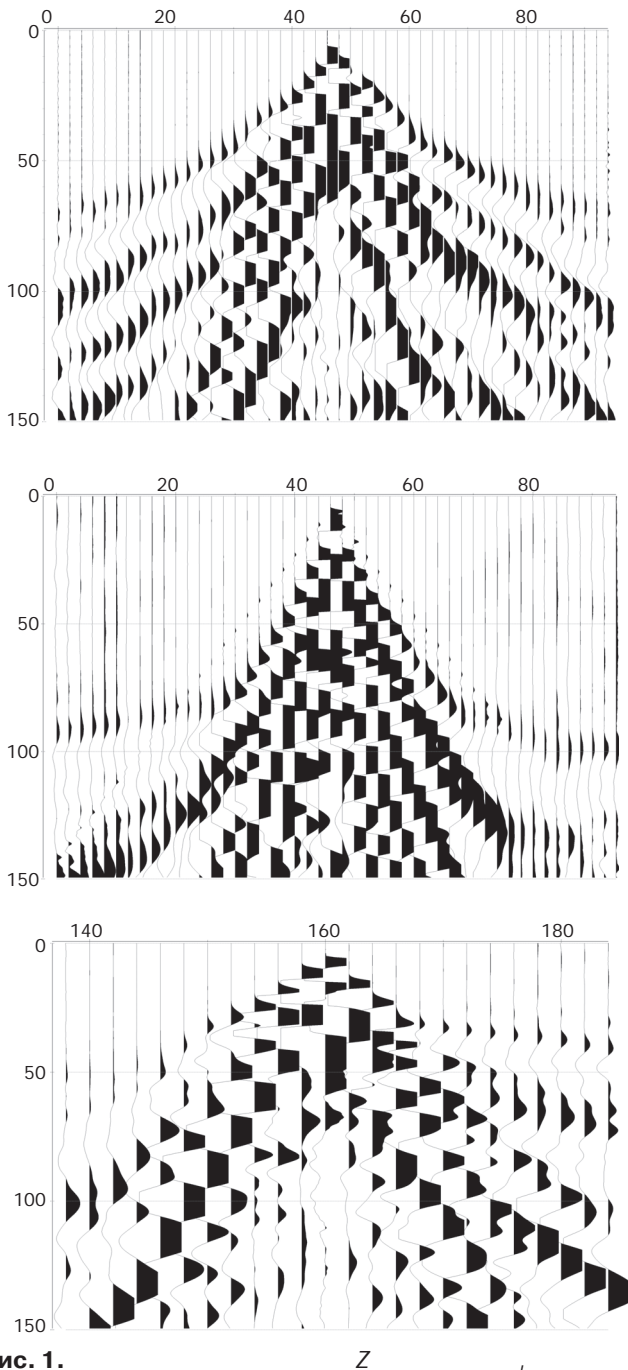


Рис. 1.

Z

(1781

);

);

)

(22

(2173

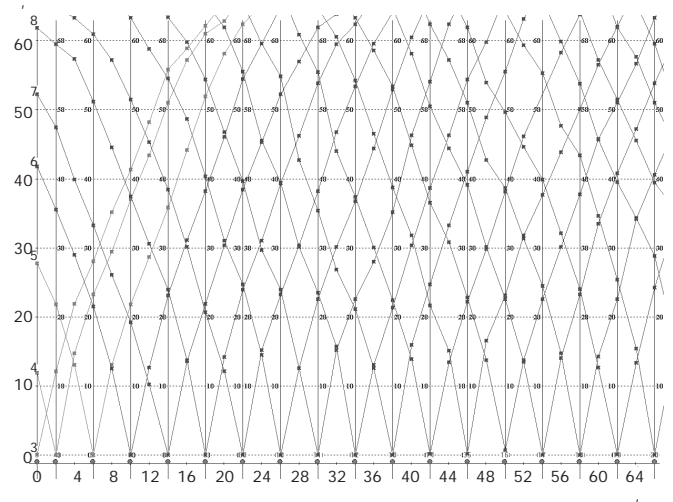


Рис. 2.

22

являющегося основой для выделения и локализации участков земляного полотна с пониженными прочностными свойствами. На рис. 3, 4, 5 показаны скоростные модели разрезов, характеризующие состояние земляного полотна.

Скоростной разрез, представленный на рис. 3 и отображающий строение верхней части земляного полотна на участке 1781 км Северо-Кавказской железной дороги, свидетельствует о значительной неоднородности исследуемой толщи. Наблюдаемые на разрезе интервалы с пониженными значениями скоростей продольных волн связаны с дезинтеграцией грунтов, слагающих земляную насыпь. На этих же участках отмечены и существенные деформации пути, представляющие угрозу безопасному движению поездов.

На рис. 4 показан скоростной разрез земляного полотна на участке 22 км Московской железной дороги, на котором также отмечается значительная неоднородность толщи на относительно непротяженном интервале (около 200 м). Левый фланг характеризуется более низкими значениями скоростей  $V_p$  относительно правого. В центральной части разреза зафиксирована зона аномально низких значений скоростей - 120 - 130 м/с, связанная с нарушением сплошности геосреды. Здесь же наблюдались чувствительные проседания грунтов, вызывающие деформации путей и опор контактной сети.

На скоростном разрезе, полученном в результате отработки профиля на основной площадке в условиях развития многолетнемерзлых пород, отмечается невыдержанность сейсмических свойств как по латерали, так и по глубине. Выделяются интервалы с аномально низкими значениями скоростей продольных волн, которые связаны с нарушением сплошности грунтов земляного полотна, что, в свою очередь, является следствием деградации мерзлых пород, залегающих в его основании. Результат проявления такого рода негативных процессов показан на рис. 6.

