

УДК 624.131.3 : 624.138

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ПРИ УКРЕПЛЕНИИ НАСЫПНЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

С. Р. Артеменко, студент гр. ФП-101
Научный руководитель С. М. Простов, д.т.н., профессор
г. Кемерово

На основе проведенного патентно-технического анализа способов и устройств для закрепления неустойчивых грунтов [1], установлено, что для укрепления насыпных оснований сооружений, сложенных вскрышными твердыми породами и несвязными грунтами, целесообразно использовать способы послойного цементационного уплотнения, включающие первоочередное заполнение разуплотненных слоев бетонной смесью или густым песчано-цементным раствором и последующее укрепление уплотненных слоев по традиционной технологии контролируемой напорной инъекции более высокопроницающих цементных растворов.

Для применения данных способов в условиях открытой геотехнологии усовершенствован алгоритм геолого-геофизического мониторинга как составной части технологии контролируемой послойной напорной инъекции (НИ) насыпных грунтовых оснований, разработанный ранее в КузГТУ и ООО «НООЦЕНТР» и приведенный в монографии [2].

Алгоритм комплексного геолого-геофизического мониторинга включает следующие основные этапы (рис. 1):

- визуальные обследования для определения профилей физических зондирований;
- геологические изыскания с бурением 2-3 скважин для определения границ геологических слоев и физико-механических свойств грунтов;
- георадиолокационное зондирование для определения изменений границ слоев на бесскважинных интервалах, расположения подземных коммуникаций и числа необходимых профилей электроразведки;
- электрическое зондирование методами ВЭЗ или томографии в зависимости от числа профилей с построением 2D и 3D – геоэлектрических разрезов;
- построение зон уплотнения I и II слоев в плане и по глубине;
- определение параметров инъектирования.

Для реализации алгоритма на этапе перехода от геоэлектрических слоев к пустотности массива получены дополнительные зависимости, основанные на взаимосвязи электрических свойств горных пород с их структурно-текстурными параметрами и степенью влагонасыщенности пор. Анализ данных электроразведки в условиях различных геологических сред позволил по-

лучить следующую зависимость пористости горной породы от удельного электросопротивления (УЭС) [3]

$$\frac{m}{m_0} = \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\beta,$$

где m – пористость насыпного массива; ρ – истинное УЭС; m_0, ρ_0 – начальные (стандартные) значения, определенные по результатам инженерно-геологических изысканий; β – структурный параметр, изменяющийся в диапазоне $\beta = 1,3-1,5$.

По результатам ранее проведенных исследований физических параметров насыпных массивов грунтовых дамб установлены средние значения входящих в зависимость постоянных: $m_0 = 0,2$ и $\rho_0 = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

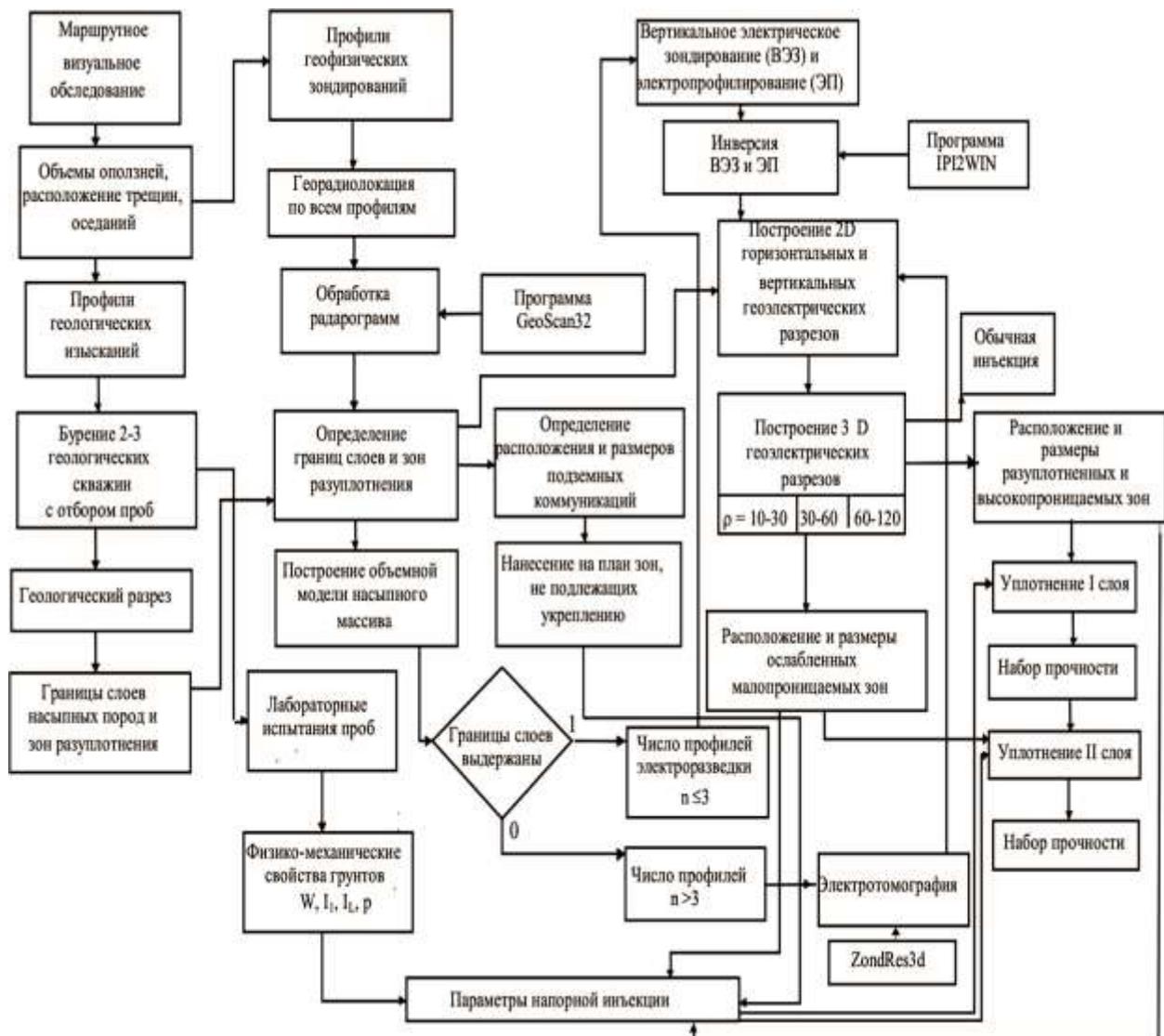


Рис. 1. Алгоритм геолого-геофизического мониторинга при послойном укреплении насыпных грунтовых оснований горнотехнических сооружений

Результаты расчета абсолютной пористости представлены в табл. 1, а график прогноза степени уплотненности насыпных пород – на рис. 2.

Таблица 1

Прогнозные значения абсолютной пористости

ρ , Ом·м		20	40	60	80	100	120
$\beta = 1,3$	m	0,048	0,118	0,2	0,291	0,389	0,492
$\beta = 1,4$	m	0,043	0,113	0,2	0,299	0,409	0,528
$\beta = 1,5$	m	0,038	0,109	0,2	0,308	0,430	0,566

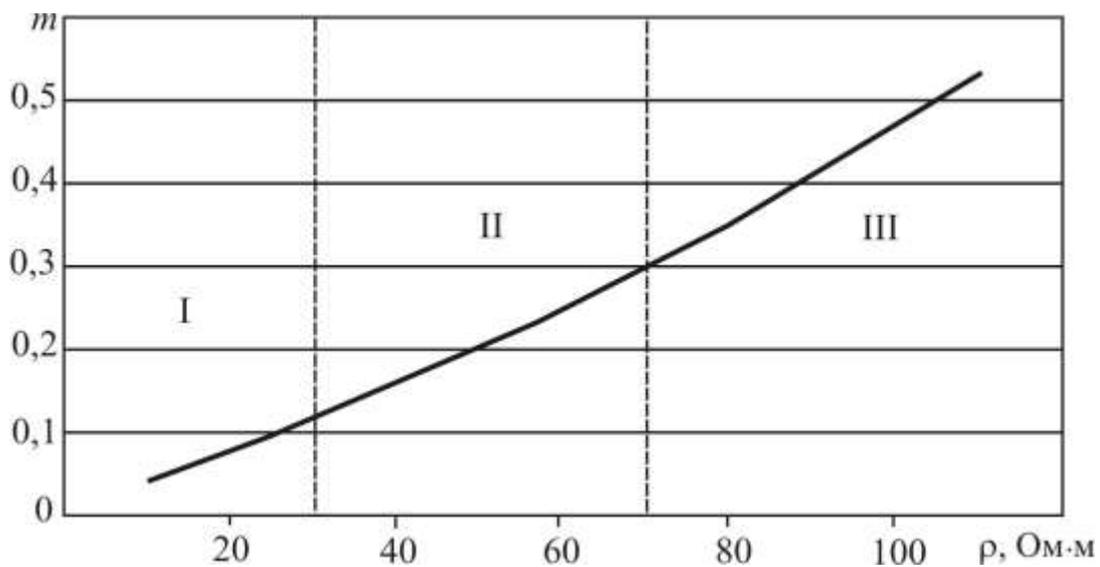


Рис. 2. График зависимости усредненной пористости m слоя и степени уплотнения от абсолютного УЭС для насыпных грунтовых оснований: I – зона уплотнения; II – зона средней уплотненности; III – разуплотненные грунты

Научная разработка реализована при укреплении насыпного грунтового основания комплекса наклонной сепарации (КНС) Краснобродского угольного разреза.

В ходе инженерно-геологических изысканий по данным бурения построен инженерно-геологический разрез, который до глубины 20,0 м представлен отложениями в виде смеси дресвы, щебня, глыб, супесчаного и песчаного материала, с глубины 0,5–1,0 м разрез слагают насыпные суглинки серого, от темно-серого до черно-серого, твердые с дресвой и щебнем. Обломки представлены осадочными породами, преимущественно песчаниками выветрелыми, малой прочности.

Геофизические изыскания были разделены на следующие этапы:

- предварительная оценка расположения аномальных зон методом георадиолокации;
- дополнение и подтверждение георадиолокационных данных, изучение

электрофизических свойств массива методом вертикальных электрических зондирований.

Георадиолокационное зондирование производилось аппаратурой «ОКО-2» с антенным блоком АБ-150 на частоте 150 МГц, что позволило изучать массив на глубину до 10–15 м. Зондирование было проведено в северо-восточной части площадки в местах интенсивного проявления процессов трещинообразования.

На рис. 3 представлен геоэлектрический разрез, на котором зоны 1 и 2 с удельным электросопротивлением $\rho = 22\text{--}46 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ соответствуют уплотненным грунтам, зона 3 ($\rho = 60\text{--}80 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) – разуплотненным насыпным грунтам, а зона 4 ($\rho > 110 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) – скальным разуплотненным крупнообломочным вскрышным грунтам.

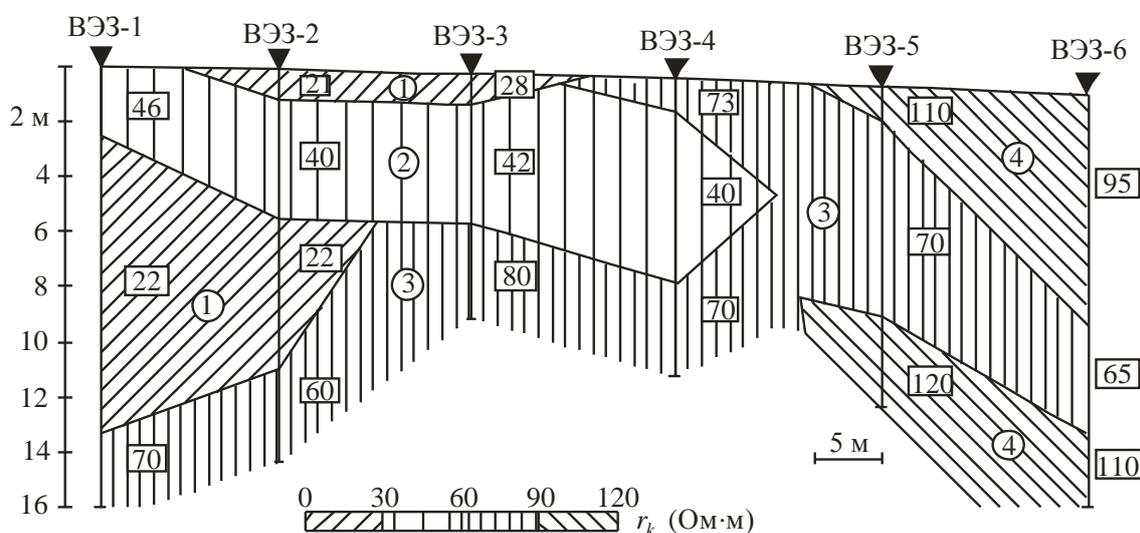


Рис. 3. Геоэлектрический разрез, полученный путем комплексной интерпретации ВЭЗ: 42 – величина УЭС; 1–4 – зоны геоэлектрического разреза

Данные ВЭЗ подтвердили расположение аномальных высокоомных разуплотненных грунтов в основании обогатительного комплекса и грунтов, представленных трещиноватыми и крупнообломочными насыпными грунтами, в северо-восточной части площадки. Полученные результаты позволили выявить границы распространения аномальных зон в плане и по глубине, оконтурить зону развития оползневых процессов, а также установить расположение слоев первоочередного и последующего уплотнений насыпного массива методом послойной напорной инъекции (рис. 4).

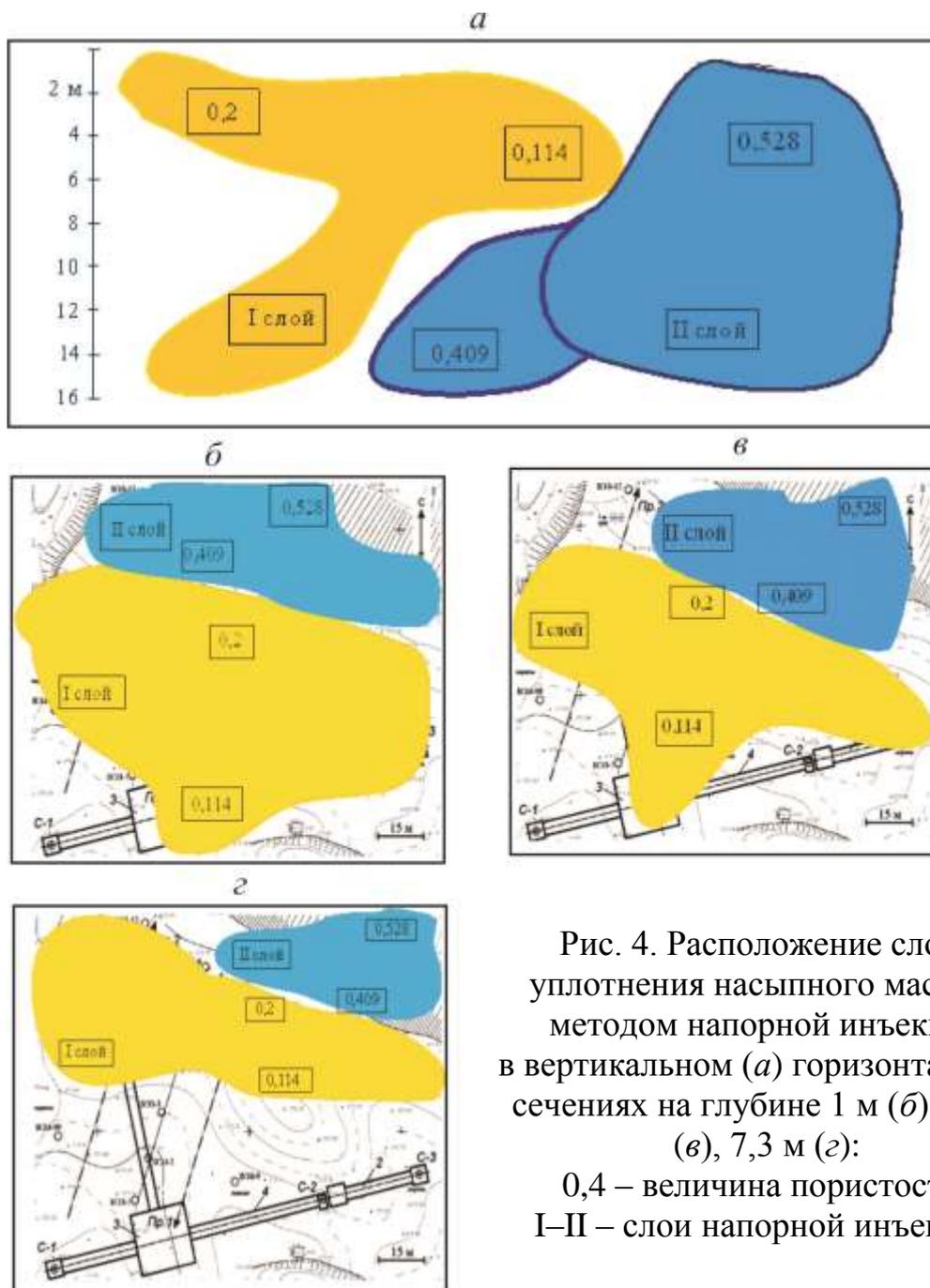


Рис. 4. Расположение слоев уплотнения насыпного массива методом напорной инъекции в вертикальном (*a*) горизонтальных сечениях на глубине 1 м (*б*), 3,6 м (*в*), 7,3 м (*z*):

0,4 – величина пористости;
I–II – слои напорной инъекции

Список литературы

1. Простов, С. М. Способы и устройства для закрепления неустойчивых грунтовых оснований сооружений (аналитический обзор) / С. М. Простов, С. Р. Артеменко, Т. О. Гончарова. – Кемерово, 2015. – 188 с.
2. Простов, С. М. Комплексный мониторинг процессов высоконапорной инъекции грунтов / С. М. Простов, В. А. Хямяляйнен, О. В. Герасимов. – Кемерово : «Российские университеты» : Кузбассвуиздат, 2006. – 94 с.
3. Простов, С. М. Прогноз устойчивости грунтовых дамб / С. М. Простов, Е. В. Костюков, С. П. Бахаева. – Кемерово : «Российские университеты» : Кузбассвуиздат, 2006. – 171 с.