

УДК 622.02

В.П. Конухин, Н.Н. Абрамов

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ
В ОСНОВАНИИ ПУНКТА ДОЛГОВРЕМЕННОГО
ХРАНЕНИЯ РЕАКТОРНЫХ ОТСЕКОВ УТИЛИЗИРУЕМЫХ
АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК (АПЛ) В САЙДА-ГУБЕ**

Предложена методика геофизического контроля при строительстве наземного пункта длительного хранения (ПДХ) реакторных отсеков утилизируемых АПЛ, направленная на уточнение сейсмической балльности территории строительства и контроль уплотнения грунтов обратной засыпки. Приведены конкретные результаты.

Ключевые слова: геофизический контроль, сейсмическая балльность, микросейсморайонирование территории.

Основным требованием к объектам длительного хранения (ПДХ) реакторных отсеков утилизируемых АПЛ, относящихся к особо ответственному и опасному объектам, является обеспечение их безаварийной эксплуатации в течение длительного срока, составляющего 70 лет и более. Выполнение таких жестких требований становится возможным при строгом соблюдении всех основополагающих строительных норм, начиная с момента проектирования, выбора мест размещения, а также, непосредственно в процессе строительно-монтажных работ. Одним из важнейших условий обеспечения безопасности объекта является геофизический контроль состояния грунтов в его основании.

Геофизический контроль при строительстве наземного пункта длительного хранения (ПДХ) реакторных отсеков утилизируемых АПЛ в Сайда-Губе на побережье Баренцева моря осуществляется хорошо известными сейсмическими методами с привлечением томографической обработки получаемых данных и предполагает решение следующих основных задач:

- уточнение сейсмической балльности территории строительства при проведении микросейсмического районирувания (МСР) выбранной площадки;
- контроль уплотнения грунтов обратной засыпки при замещении ими вмещающих грунтов территории строительства с низкими сейсмическими свойствами. В качестве грунтов обратной засыпки используется обычно смесь горной массы и щебня.

На начальной стадии работ, на базе метода сейсмической томографии, была разработана методика расчета поправок сейсмической балльности по фактически определенным в натурных условиях характеристикам сейсмических жесткостей различных по составу и структуре блоков пород обследуемого участка с использованием корреляционных зависимостей «скорость сейсмической волны — плотность пород».

Согласно данным, представленным на *Карте ОСП-97-В*, которая соответствует 95 %-ной вероятности не превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет, для объектов повышенной ответственности, территория

Кольского полуострова относится к зоне интенсивности и вероятности сотрясений на средних грунтах равной 6 баллам по шкале MSK-64.

Согласно данным [1], по зарегистрированным в этом районе землетрясениям, ближняя зона ПДХ находится на границе областей с максимально возможными интенсивностями землетрясений со значениями 5.0 — 5.5 баллов по шкале MSK-64.

Целью микросейсморайонирования территории участка строительства ПДХ является получение поправок сейсмической балльности (приращений сейсмичности) на конкретном участке массива с учетом фактических данных о свойствах и состоянии вмещающих пород.

Одной из обязательных характеристик массива пород, используемых при микросейсморайонировании, является величина сейсмической жесткости грунтов. Для реальной слоистой среды, средняя сейсмическая жесткость пород в разрезе определяется из выражения:

$$\rho_{cp} = \frac{\sum \gamma_i \cdot V_{pi} \cdot h_i}{\sum h_i}, \quad (1)$$

где ρ_{cp} — средняя сейсмическая жесткость породы в разрезе; γ_i — плотность i -того слоя породы, т/м³; V_{pi} — скорость продольной сейсмической волны i -того слоя породы, м/сек; h_i — мощность i -того слоя породы, м.

Другим, влияющим на сейсмическую балльность фактором, является уровень грунтовых вод. Так, согласно исследованиям [2, 3], поднятие уровня грунтовых вод до отметок 1.0 м от поверхности повышает сейсмичность участка на 1 балл. На основе анализа результатов выполнения сейсмического районирования в различных горно-геологических условиях в работе [3] предлагается следующее выражение

для оценки величин поправок к балльности:

$$n = 1.67[Lg(V_0\gamma_0) - Lg(\rho_{cp})] + e^{-0.04H^2} \quad (2)$$

где n — поправка к балльности; $(V_0\gamma_0)$ — сейсмическая жесткость породы, принятой за эталон; H — глубина залегания грунтовых вод, м.

Как видно из выражения (2), для оценки поправок n , необходимо определить в натуральных условиях величины средней сейсмической жесткости пород ρ_{cp} , обосновать выбор эталонного грунта $(V_0\gamma_0)$ и оценить уровень грунтовых вод на участке строительства.

Отличие предложенной методики, состоит:

- в более детальном описании массива по величинам фактических скоростей V_{pi} и плотностей γ_i , благодаря использованию при натурных измерениях метода сейсмической томографии, и корреляционных соотношений «плотность — скорость продольной волны», устанавливаемых при лабораторных испытаниях грунтов;

- в оценке характеристик эталонного грунта V_0, γ_0 , которые для реальных условий, определяются как средневзвешенные значения скоростей и плотностей для пород I категории по данным натурных сейсмотомографических измерений скоростей сейсмических волн и корреляционным соотношениям:

$$\gamma_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \gamma_{cp,взв,i}}{m} \quad (3)$$

где $\gamma_{cp,взв,i}$ — средневзвешенное значение плотности по i -тому профилю.

Геофизические сейсмотомографические исследования при проведении микросейсморайонирования основываются на анализе инженерно-геологических особенностей обсле-

двумя участками с использованием данных разведочного бурения и оценки уровней грунтовых вод. При этом выполняется:

- определение средних сейсмических жесткостей вмещающих пород и грунтов $\rho_{\text{ср}}$, глубин залегания коренных пород в реальных разрезах массива по данным натурных сейсмических измерений;

- выявление структурно-ослабленных зон массива по дифференциации скоростей сейсмических волн (выявление низкоскоростных зон массива в коренных породах основания как наиболее неоднородных и трещиноватых участков), построение карт поправок сейсмической балльности массива.

По результатам разведочного бурения геологическое строение района работ характеризуется следующим разрезом (снизу вверх): микроклиновые граниты и гранито-гнейсы (объемный вес $\gamma = 2.65\text{—}2.71 \text{ г/см}^3$, крепость по Протодьяконову 12—14); валунно-галечниковые и щебенистые грунты ($\gamma = 2.20\text{—}2.30 \text{ г/см}^3$); глинистые слоистые голубовато-серые илы ($\gamma = 1.80\text{—}2.00 \text{ г/см}^3$); суглинистые зеленовато-серые илы с примесью ракушек, кораллов (встречены на акватории) и гравия ($\gamma = 1.80\text{—}2.00 \text{ г/см}^3$); пески гравелистые, иногда мелкозернистые с включением ракушек (на акватории) и ожелезненные, часто цементированные (на суше) ($\gamma = 1.8\text{—}2.0 \text{ г/см}^3$); биогенные отложения — торфы ($\gamma = 1.80\text{—}2.00 \text{ г/см}^3$); техногенные насыпи представлены глыбово-щебенистыми грунтами (взорванные скальные породы), строительным мусором, шлаком, металлоломом с песчаным заполнителем ($\gamma = 1.80\text{—}2.00 \text{ г/см}^3$).

Натурные измерения скоростей сейсмических волн выполняются методом продольного сейсмического

профилирования с возбуждением сейсмических волн ударным способом. Для этих целей на площадке оборудованы девять измерительных профилей. Схема размещения профилей на участке показана на рис. 1. Применение метода продольного сейсмического профилирования, не требующего бурения скважин, в данном случае, является наиболее целесообразным. Это обусловлено значительным различием величин скоростей сейсмических волн в разрезе для грунтов четвертичных отложений в верхней части разреза и для коренных скальных пород (в 3—4 раза).

Для построения скоростных разрезов и преломляющих границ в глубь массива, использована регистрация времен первых вступлений преломленных сейсмических волн (МПВ). Комплект измерительной аппаратуры включает портативную цифровую 24-канальную сейсмостанцию «Микросейс-160» (McSeis-160, Япония). При проведении сейсмического профилирования на площадке, опытным путем установлены следующие параметры регистрации сейсмических волн: частота — до 768 гц, дискретность оцифровки сейсмограмм — 100 мкс, длина записи — 200 мс.

Томографическая обработка данных натурных измерений состоит в пересчете времен вступлений сейсмических волн в величины скоростей, внесении поправок получаемых скоростей к начальной синтетической скоростной модели среды в итерационном режиме, причем на каждом этапе расчетов принимается новая уточненная скоростная модель для следующего этапа расчетов до тех пор, пока величины среднеквадратичных невязок времен становятся минимальными (до 8—10 %). По томограммам оцениваются величины скоростей V_i и мощности вмещающих

слоев грунта в разрезе h_i , необходимые для расчета поправок, выражение (2). Вся обработка реализована с использованием пакета программ для ПЭВМ «Х-Томо».

Размещение сейсмических измерительных профилей на площадке, как показано на рис. 1. Н на рис. 2 показан сейсмотомографический скоростной разрез (томограмма) по одному из измерительных профилей.

На основе полученных данных натурных измерений по профилям, с учетом оценки средневзвешенных значений характеристик вмещающих грунтов, в качестве эталонного грунта для всей площадки в расчетах поправок балльности принят грунт I категории по сейсмическим свойствам с характеристиками: $V_0=3.11$ км/с и $\gamma_0=2.57$ г/см³.

Результаты расчета поправок сейсмической балльности по данным сейсмотомографических измерений и с учетом реальных уровней грунтовых вод по скважинам, а также уточненная карта сейсмической балльности, полученная по результатам микросейсмораионирования территории площадки ПДХ представлены на рис. 3 и 4.

Как видно из приведенных данных, результаты, полученные при натурном микросейсмораионировании позволили корректировать исходную сейсмическую балльность. В местах выхода скальных коренных пород к свободной поверхности сейсмическая балльность может быть снижена на 0.35—1.3 балла к исходной до значений 4.7—5.0 балла. На участках площадки с высоким уровнем грунтовых вод и мощным слоем наносных грунтов и четвертичных отложений (примерно до 25 % территории площадки), величины превышений сейсмичности к расчетной (5 баллов, согласно [4]) могут достигать 0.6 — 0.9 балла, но не превышают 1.0 балла.

Концентрация таких зон приурочена, в основном, к центральному участку площадки.

При строительстве площадки ПДХ наносные и, частично, четвертичные отложения замещены скально-щебенистой смесью. При строительстве сооружений особого назначения в условиях Заполярья, с использованием технологии засыпки и замещения грунтов, контроль качества их уплотнения является неотъемлемой частью всего технологического процесса строительства. Возможности внутреннего промерзания грунта, образование линз льда в зимнее время и их оттаивание в летнее, влияние грунтовых вод и морских приливов, делает задачу локализации зон разуплотнения внутри уплотняемого слоя в процессе строительства достаточно актуальной.

Для контроля уплотнения грунтов обратной засыпки, мощность которых превышает 2—3 м, а на отдельных участках достигает 9—10 м, эффективным является использование оперативных методов поверхностной сейсморазведочной томографии, основанных на взаимосвязи скоростей продольных сейсмических волн и уплотнений грунта. Авторами разработана методика учитывающая технологию замещения и сложные климатические условия побережья Баренцева моря (градиенты температур, приливо-отливные явления). Однако, здесь следует говорить об относительных оценках уплотнений в режиме мониторинга, обеспечивающего неразрушающий контроль значительных площадей и глубин обследования. В такой постановке, методически необходимо решить две основные задачи: установление взаимосвязей скоростей продольных сейсмических волн и уплотнений грунта и влияния влагонасыщения грунтов на результаты оценки качества их уплотнения.

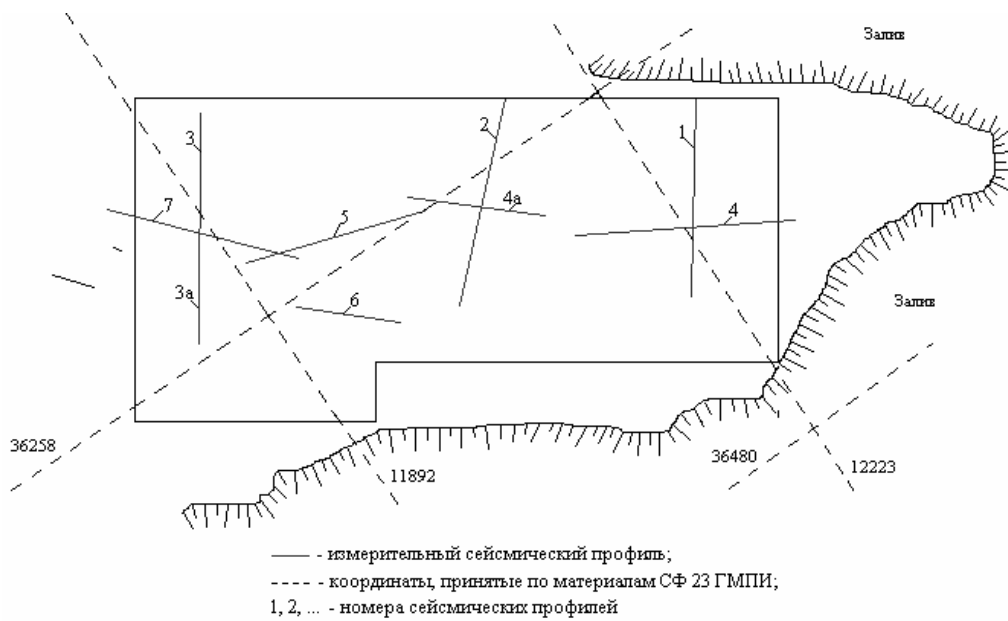


Рис. 1. Схема размещения измерительных сейсмических профилей на территории площадки ПДХ

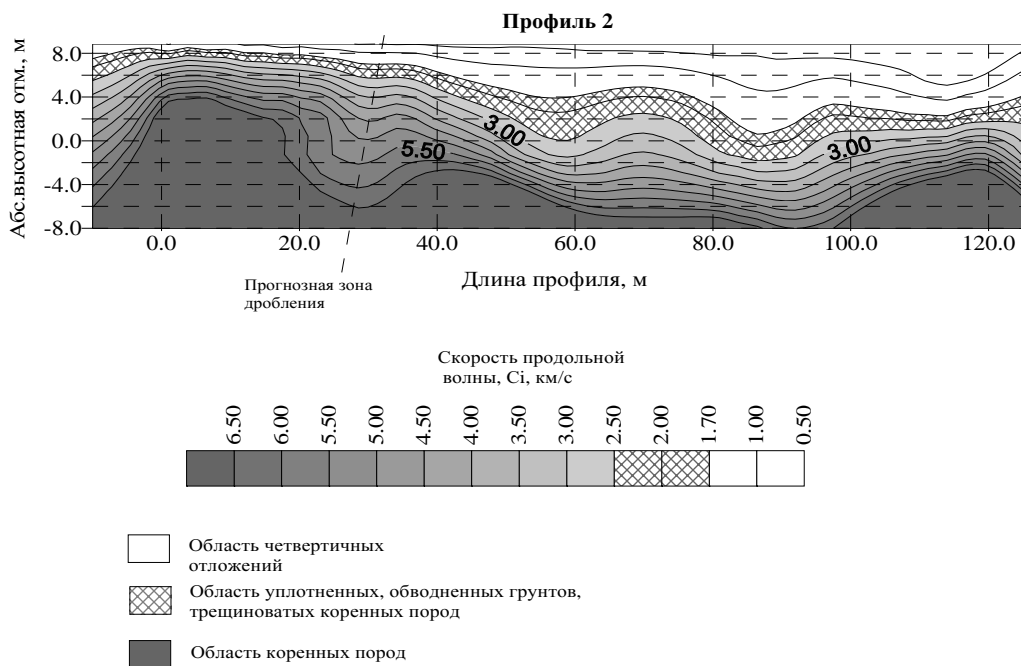


Рис. 2. Сейсмотомографический скоростной разрез массива по профилю 2

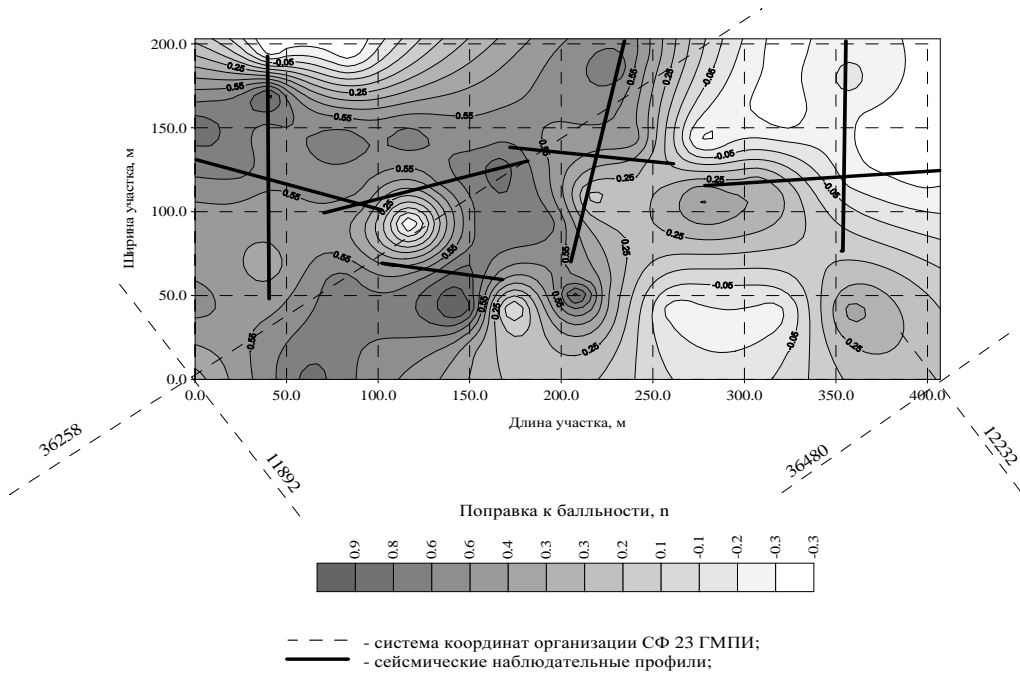


Рис. 3. Карта распределения расчетных поправок сейсмической балльности по результатам микросейсмрайонирования площадки ПДХ

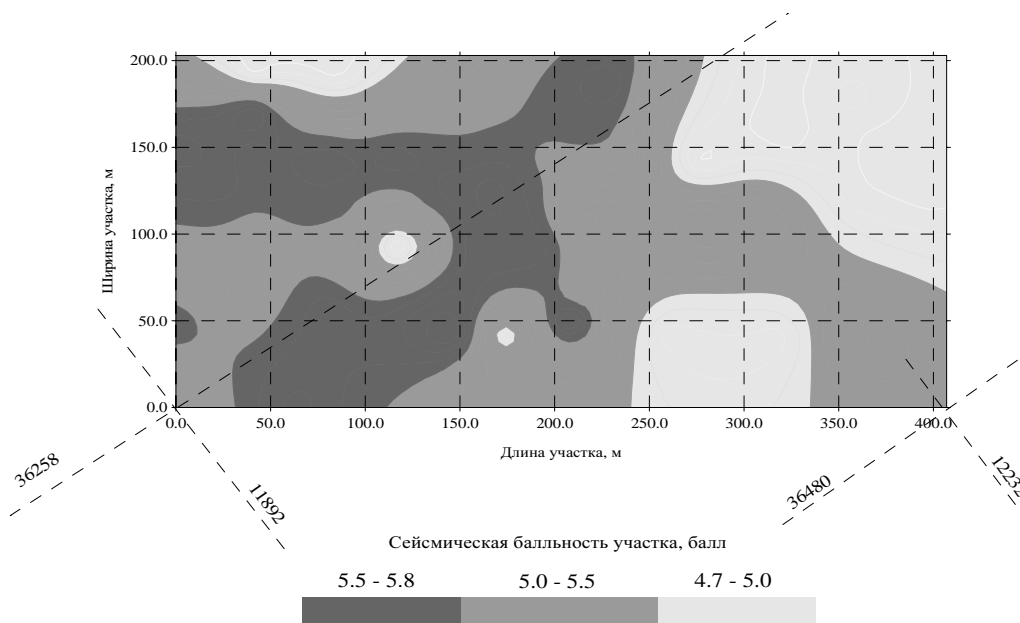


Рис. 4. Карта сейсмической балльности площадки ПДХ по результатам микросейсмического районирования

Согласно рекомендациям [5], для контроля качества послойной укладки горной массы, представляющей собой обычно смеси в различных пропорциях обломочного скального грунта и щебня, следует применять коэффициент (степень) уплотнения m — отношение плотности сухого грунта (γ_{ic}) горной массы к максимальной плотности сухого грунта ($\gamma_{c\ max}$), которая может быть достигнута при уплотнении. Тогда, чтобы избежать недоуплотнения, схема контроля должна удовлетворять условию:

$$m \geq m_{\text{проектн.}} \quad (4)$$

где $m_{\text{проектн.}}$ — коэффициент уплотнения, устанавливаемый проектом в зависимости от класса капитальности, конструктивных особенностей объекта и сейсмичности района.

К настоящему моменту накоплено много данных о соотношении между плотностью грунта ρ_i и скоростями продольных волн V_{pi} . С достаточной степенью достоверности эти зависимости описываются степенным выражением вида:

$$\gamma_i = a V_{pi}^\beta \quad (5)$$

где a , β — эмпирические коэффициенты.

Тогда, с учетом выражения (2), получим:

$$m = \left(\frac{V_{pi}}{V_{p\ max}} \right)^\beta \quad (6)$$

где V_{pi} , $V_{p\ max}$ — текущее и максимальное значения скоростей продольных сейсмических волн в замешаемом слое грунта, соответствующие текущей и максимально достижимой плотностям грунта при уплотнении, км/с.

Таким образом, задача сводится к определению допустимого диапазона скоростей ($V_{pi} \div V_{p\ max}$), удовлетворяю-

щего проектно заданному уплотнению m . Методика оценки $V_{p\ max}$, сводится к следующему. Вначале оценивается максимально достижимые плотности грунта $\gamma_{c\ max}$ и допустимый интервал уплотнения ($\gamma_{c\ max} \div m\gamma_{c\ max}$). Для этого можно использовать целый ряд известных методик. Установленный допустимый размах оценочных плотностных характеристик грунта, позволяет определить и соответствующий ему размах допустимых характеристик непосредственно измеряемых параметров грунтов на площадке, т. е. скоростей упругих сейсмических волн. Для этого используем известные зависимости пористости грунта (трещинной пустотности) и скорости сейсмической волны:

$$n_i = (V_{p0} / V_{pi} - 1) \div (V_{p0} / V_{p.\text{зап}} - 1), \quad (4)$$

где V_{p0} — скорость продольной волны в скальной отдельности грунта (по данным лабораторных определений можно принять $V_{p0} = 5.67$ км/с); $V_{p\ измер}$ — скорость продольной волны в грунте, измеренная в реальных натуральных условиях; $V_{p\ зап}$ — скорость продольной волны в заполнителе пор грунта (для воздуха $V_{p\ зап} = 0.30$ км/с). Для сухого грунта, принимая, что заполнителем порового пространства является воздух, графически эта зависимость представлена на рис. 5. По графику легко оценивается искомый диапазон разрешенных скоростей в засыпке грунта, соответствующий заданным показателям пористости.

Во всех проведенных рассуждениях речь идет о показателях сухого грунта. Поэтому следующим методическим шагом является учет фактической влагонасыщенности обследуемого грунта. Действительно, как известно, водонасыщение грунтов может, с

одной стороны, способствует разуплотнению и вымыванию грунтов, и с другой, при этом, существенно увеличивать величину скорости продольной волны при измерениях и тогда оценка степени уплотнения по этому показателю станет не адекватной. Для оценки фактического состояния грунтов используется относительный показатель отношения скоростей сейсмических волн V_s/V_p , где V_p , V_s — скорости продольной и поперечной сейсмических волн. Соотношение скоростей продольной и поперечной сейсмических волн, как известно, позволяет оценивать коэффициент Пуассона среды (коэффициент поперечной деформации) — характеристику состояния и деформируемости среды. Он определяется согласно выражению:

$$\nu = (V_p^2 - 2V_s^2) / 2(V_p^2 - V_s^2), \quad (5)$$

где ν — коэффициент Пуассона среды; V_p , V_s — скорости продольной и поперечной волны, соответственно.

Диапазон изменения коэффициента Пуассона от 0 до 0.5 охватывает весь возможный спектр состояний отдельно взятой среды. Для упруго-хрупкого состояния, характерного для коренных скальных горных пород, величина ν составляет ($\nu = 0$ — 0.25), до пористо-пластичного состояния значения коэффициента Пуассона 0.30—0.35 (щебень, пески, глины и пр.). Для жидких сред величина ν приближается к 0.5. Таким образом, влагонасыщение грунтов способствует росту величин коэффициента Пуассона среды. Согласно данным строительных норм РСН 66—87, для смесей обломочных грунтов и щебня разница в показателях V_s/V_p сухих и водонасыщенных грунтов может достигать 6—7 раз, что обеспечивает достаточную надежность оценки

водонасыщения, используя данные натурных измерений скоростей.

Мощность замешенного грунта на отдельных участках площадки ПДХ достигала 11—13 м. Заданная степень уплотнения грунта составляет $m = 0.95$ —1.0. Для оценки $\gamma_{c \max}$ использована методика [6]. Для условий скально-щебенистой отсыпки, использован комплексный квалификационный показатель. Этот показатель разработан на основе большого экспериментального материала, полученного при строительстве различных каменно-земляных плотин при уплотнении горной массы виброкатками. Он представляет собой совокупность известных характеристик грунта, объединенных в один модуль: пористость грунта n , оценивающая соотношение между пустотами в горной массе и ее минеральной частью, показателя сегрегации грунта $k = f(K_{60,10})$, характеризующего неравномерность раскладки частиц в объеме грунта и плотности частиц каменного материала γ_0 , отражающей среднюю плотность минералов породы. Как показывают результаты исследований [4], связь этого комплексного показателя, имеющего вид: $[(1 - n_{i \min}) \cdot k \cdot \gamma_0]$ и максимально возможной плотности сухого грунта уплотненной горной массы $\rho_{c \max}$ аппроксимируется уравнением вида (коэффициент корреляции — $R = 0.99$): $\gamma_{c \max} = 1.794 + 0.125 \ln[(1 - n_{i \min}) k \gamma_0]$; (6)

где $(1 - n_{i \min})$ — объем скелета в единице объема грунта; $n_{i \min} = (0.45 - 0.1 \cdot \lg K_{60,10})$ — пористость грунта; $k = (1 + 0.05 \cdot K_{60,10})$ — коэффициент неравномерности раскладки частиц грунта в уложенном слое.

Принимая для скально-щебенистых грунтов при отсыпке площадки в Сайда-Губе средневзвешенное значение коэффициента $K_{60,10} = 24.4$, определяем параметры квалификацион-

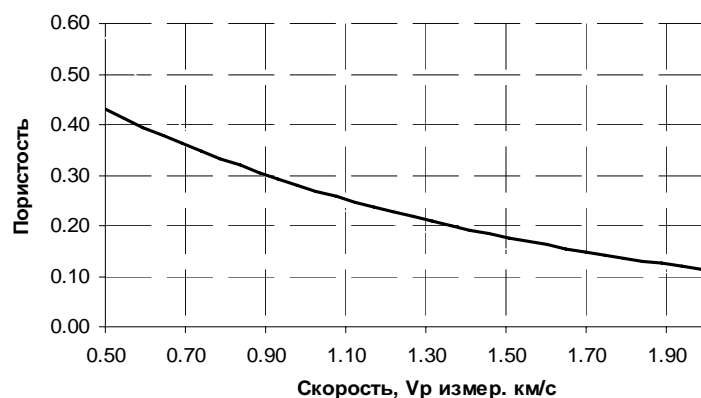


Рис. 5. Взаимосвязь пористости грунта и скорости продольной волны

ного показателя: $n_{i \min} = (0.45 - 0.1 \cdot \lg 24.4) = 0.31$; $k = 2.22$; для скальных отдельных грунтов, принимаем $\gamma_0 = 2.67 \text{ т/м}^3$. Величина квалификационного показателя тогда составит 3.91. Из выражения (6), оцениваем величину $\gamma_{c \max} = 1.97 \text{ т/м}^3$. По условию проекта, величина коэффициента уплотнения должна составлять $m = 0.95 - 1.0$. Тогда можно оценить минимально допустимое значение плотности грунта $\gamma_{c \min} = 0.95 \cdot 1.97 = 1.87 \text{ т/м}^3$. Для грунтов с пористостью $n_{i \min} = 0.31$ с $\gamma_{c \max} = 1.97 \text{ т/м}^3$ (случай максимального уплотнения), по рис. 1 оцениваем величины ожидаемых скоростей упругих волн для уплотненных грунтов в диапазоне $V_{pi \max} = (0.75 - 0.90) \text{ км/с}$. Минимально допустимые значения скоростей, удовлетворяющие требованиям по уплотнению можно оценить следующим образом. По определению, пористость однородного, однозернистого грунта определяется согласно выражению:

$$n = (1 - \gamma_{ic} / \gamma_0) \cdot 100 \% \quad (7)$$

где γ_0 — плотность скальной отдельности составляющей грунт засыпки.

Тогда, для оцененного выше допустимого интервала плотностей скелета грунта $\gamma_{ci} = (1.87 - 1.97) \text{ т/м}^3$ и величины $\gamma_0 = 2.67 \text{ т/м}^3$ оцениваем ин-

тервал предельно допустимых значений пористости для однородного грунта. Он составляет $n_{i \text{ однородн.}} = (26 - 30)\%$. Как видно из полученных значений, разница величин минимально допустимых пористостей грунта $n_{i \min}$, определенных по выражениям (6) и (7) обусловлена неоднородностью реального грунта (для реального грунта пористость выше). Эта разница будет определять поправочный коэффициент λ_i на неоднородность грунта (неравномерность укладки, разница грансостава, формы и пр.): $\lambda_i = n_i / n_{i \text{ однородн.}} = 0.31 / 0.26 = 1.19$. Вводя полученную поправку, уточняем величину наибольшей допустимой пористости для реального грунта: $n_{i \max} = 0.30 \cdot 1.19 = 0.36$. Тогда, по графику рис. 6, нижний допустимый интервал ожидаемых скоростей составит $V_{pi \min} = (0.60 - 0.70) \text{ км/с}$. Исходя из приведенных рассуждений, при проведении натурных измерений на площадке допустимый интервал изменения скоростей упругих волн в грунте следует ожидать в диапазоне $(0.65 - 0.85) \text{ км/с}$. Для оценки влагонасыщения грунтов воспользуемся данными РСН 66—87 [6] для смесей обломочных грунтов и щебня, причем считаем грунт водонасыщенным при $V_s / V_p < 0.30$.

Проверка изложенных теоретических представлений о формировании состояния грунтов обратной засыпки осуществлялась по измерениям, выполненным в специально созданном на площадке ПДХ эталонном блоке грунта с параметрами: мощность грунтов обратной засыпки 5.0—8.0 м, длина-ширина блока 50х50м. Предельное уплотнение достигнуто за четыре прохода виброкатка, при этом скорости продольных сейсмических волн, характеризующие это состояние, достигают значений 0.8—1.0 км/с. Все результаты измерений на площадке соотносили с результатами уплотнения на эталонном блоке.

Сейсмоизмерения производились с использованием 24-канальной цифровой сейсмостанции «Elliss» (сертификат соответствия рег. № ССПП 01.1.1. — 125). При проведении сейсмического профилирования, установлены следующие параметры регистрации: окно частотного диапазона аппаратуры — до 500 гц, период дискретизации — 0.5 мс, длина записи — до 1.0 сек, шаг расстановки сейсмоприемников — 2.0 м., длина одной расстановки сейсмоприемников (24 шт.) — 46.0 м. Расчеты скоростных кинематических разрезов при моделировании и при обработке данных натуральных наблюдений выполнены с использованием программного томографического пакета «ХТомо» (version 1.0, разработка компании X-Geo, г. С-Петербург, лицензия А-545). В качестве начальной скоростной модели среды выбрана двухслойная среда «грунт — коренная порода» с параметрами скоростей $V_{p0} = 0.6—0.85$ км/с — для однородных грунтов обратной засыпки, и $V_{p0} = 1.4—4.0$ км/с — для коренных пород.

В качестве примера, иллюстрирующего возможности разработанной методики, на рис. 7, приведены сейс-

мотомографические разрезы скоростей продольной (а) и поперечной (б) сейсмических волн по одному из профилей на площадке. Мощность насыпных грунтов варьирует от 4.5 до 8 метров. Зона низких скоростей продольных волн в поверхностном слое грунта, не удовлетворяющая условию достаточного уплотнения по скорости продольной волны $V_p < 0.65$ км/с (белая палитра рисунка ПК 35—40) фиксируется в самой приповерхностной части и незначительна. Внутри слоя засыпки на отметках +1—2 м фиксируются незначительные локальные зоны (менее 1 % распространенности на участке) с пониженным значением соотношения V_s/V_p в диапазоне 0.35—0.4. Гистограмма распределения величин V_s/V_p , для разреза рис. 6 в, представленная на рис.8 показывает, что характерные значения соотношений V_s/V_p составляют 0.4—0.7. Это присуще грунтам с низким водонасыщением. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о низкой пористости слоя замещенного грунта, а уплотнение соответствует проектным требованиям.

Полученные в результате проведенных исследований на площадке ПДХ данные, показали высокую эффективность оперативного геофизического контроля. На 75 % территории площадки сейсмическая балльность соответствует ОСР — 97 (6 баллов) и даже может быть снижена на 0.35—1.3 балла к исходной. На 25 % территории величины превышения балльности к расчетной может достигать 0.6—0.9 балла. Контроль уплотнения грунтов обратной засыпки позволил оперативно выделять участки с $m \leq 0.95—1.0$, (где m — проектный коэффициент уплотнения грунтов) для своевременного проведения дополнительного уплотнения.

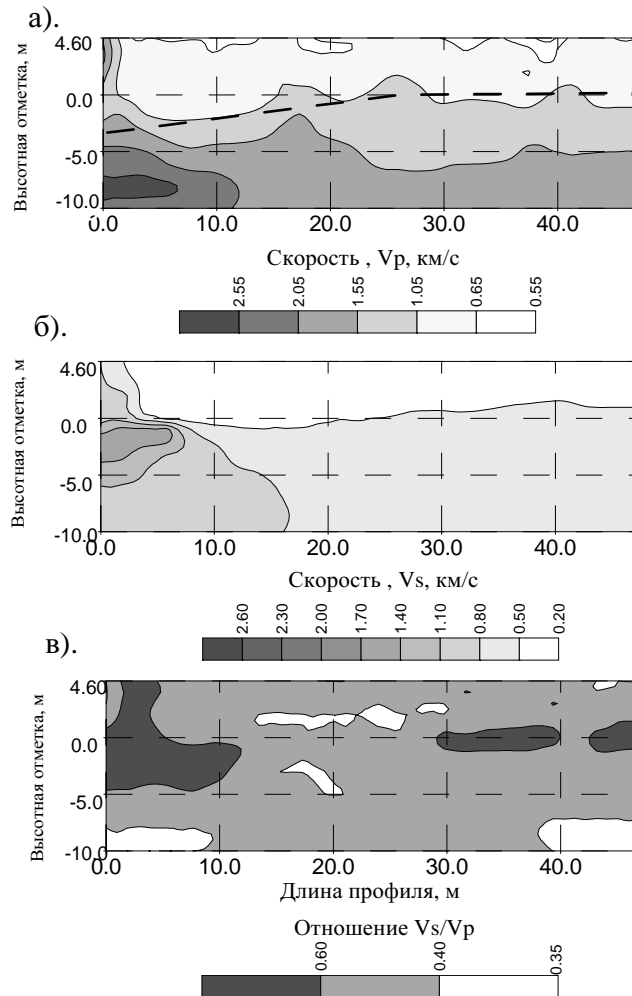


Рис. 6. Томограммы скоростей продольных (а), поперечных (б) волн и соотношения V_s/V_p (в) по данным натурных измерений

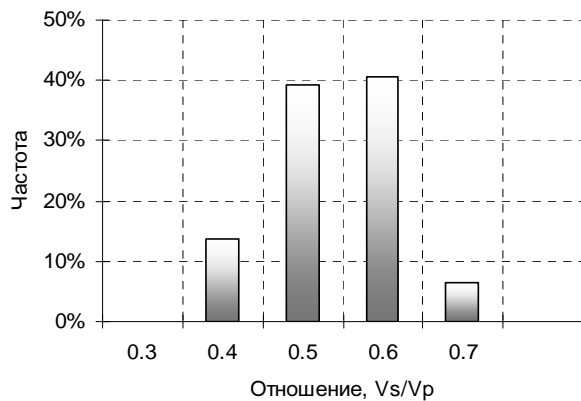


Рис. 7. Гистограмма распределения отношения V_s/V_p по данным натурных измерений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оперативный региональный сейсмологический каталог. Северо-западный регион. Кольский региональный сейсмологический центр (КРСЦГС РАН).* 1.11.99. — 31.12.2003.
2. *Сейсмическое микрорайонирование и техногенез. Сб. статей, / АН СССР, Научный совет по инженерной геологии. Произв., и НИИ по инженерным изысканиям в строительстве, Под ред. Н.И.Кригер, — М.: Наука, 1985, 102 с.*
3. *Медведев С.В.* Инженерная сейсмология., — М., 1962, 283 с..
4. *Республиканские строительные нормы. РСН 60—86.* Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ.
5. СНиП II-7—81 часть II. Нормы проектирования. Строительство в сейсмических районах.
6. *Жарницкий В.Я.* Оценка качества укладки горной массы из известняков в упорные призмы каменно-земляных плотин. Гидротехническое строительство, №12, 2004, с. 22—25. **ТАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Конухин В.П. — доктор технических наук, профессор, зав. Лабораторией Горного института КНЦ РАН, e-mail: vladimir@goi.kolasc.net.ru.
Абрамов Н.Н. — старший научный сотрудник Горного института КНЦ РАН, чл.-корр. МАНЭБ, e-mail: abramov@goi.kolasc.net.ru;



МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИРА

ДОБЫЧА АЛМАЗОВ В РОССИИ

(Окончание. Начало на с. 210)

В настоящее время промышленная добыча алмазов в России ведется в трех регионах: в Республике Саха (Якутия), Пермской и Архангельской областях. По разведанным запасам алмазов Россия занимает первое место в мире. Крупнейшим алмазодобывающим предприятием в России является «АПРОСА» с дочерними компаниями «АПРОСА-Нюрба», «Алмазы Анабара», «Нижнее-Ленское», «Севералмаз». Добыча алмазов ведется в основном экономически эффективным открытым способом, на россыпях. Объем разведанных запасов в Якутии позволяет говорить об успешной добыче в течение многих лет. Ждут своего часа россыпные месторождения алмазов «Талахта» в Оленекском, «Моторчуна» в Жиганском, «Далдын» в Булунском районах.

Самые крупные алмазы, найденные на территории России

Название	Масса, карат	Примечание
Имени XXVI съезда КПСС	342,57	Найден 14 января 1981 года сменой мастера Т.Н.Попова, алмаз желто-лимонного цвета размером с куриное яйцо
Александр Пушкин	320,65	Найден 22 декабря 1989 года
Творец	298,48	Найден в 2004 году
Свободная Россия	241,88	Найден 28 сентября 1991 года
Звезда Якутии	232,1	Найден в 1974 году
50 лет Аэрофлота	232	Найден 16 августа 1973 года
Премьер	210,55	Найден 19 июля 1991 года
60 лет ВЛКСМ	200,74	Найден 2 ноября 1978 года