

Расширенную неопределённость $U(W)$ рассчитывают путём умножения суммарной стандартной неопределённости $u(W)$ на коэффициент охвата k , равный 2 в предположении нормального распределения с вероятностью охвата 0,95: $U(W) = ku(W) = 0,142 \%$.

Полный результат измерения влажности записывается в следующем виде: $(W \pm U) \%$, где U является расширенной неопределённостью. $W = 4,908 \pm 0,142 \%$. Учитывая то, что согласно ГОСТ 5180-84 влажность грунта до 30 % записывают с точностью до 0,1 %, то конечный результат можно представить в виде $W = 4,9 \pm 0,1 \%$.

Таким образом, оценка неопределённости измерения в какой-то мере будет отражать степень компетентности, точности и надёжности грунтовой лаборатории в определении физических и физико-механических свойств грунтов. Методика расчёта неопределённости для каждого вида испытания является обязательным условием для существования аккредитованной грунтовой лаборатории. Но как показала практика, расчёт неопределённости требуется только для межлабораторных сличений и внутрилабораторном контроле и рассчитывается только по требованию заказчика.

В инженерной геологии пока нет необходимости учитывать разброс значений влажности в сотые и даже десятые процента, так как природная влажность грунта весьма изменчивое свойство, как во времени, так и в пространстве, а ГОСТ 5180-84 предоставляет достаточно широкую погрешность для двух параллельных определений влажности.

1. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2006. 19 с.

2. Ефремова Н. Ю. Оценка неопределённости в измерениях. Мн.: БелГИМ, 2003. 50 с.

3. Руководство по выражению неопределённости измерения / Под науч. ред. В. А. Слаева. ГП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, СПб., 1999. 127 с.

УДК 550.8 (476)

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «ЛАЗУРИТ» В г. МИНСКЕ

О. А. Жидков

Филиал «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция» ГП «НПЦ по геологии»,
ул. Геологическая 117, 220138 Минск, Республика Беларусь; zhidkov.oleg@mail.ru

Район строительства высотного жилого комплекса «Лазурит» располагается в северо-западной части г. Минска (пересечение пр. Победителей и ул. Нарочанской). В геотектоническом отношении он приурочен к сводовой части Белорусской антеклизы с глубиной залегания пород кристаллического основания около 500 м (абсолютные отметки от –302 до –364 м) [1].

На Минск и окрестности приходятся 2 системы активных разломов – северо-западного и северо-восточного направления ([1]; Национальный атлас Беларуси, 2002 г.). Согласно карте общего сейсмического районирования, составленной А. Г. Ароновым, Р. Е. Айзбергом, Р. Г. Гарецким, А. К. Карабачевым и О. Н. Сафроновым, на территорию г. Минска направлена зона сотрясаемости по шкале MSK-64 в 7 баллов, совпадающая с Ошмянским разломом, а непосредственно через район Минска проходит активная зона нижнепротерозойского Минского разлома северо-восточного простирания.

Инженерно-изыскательские работы проводились согласно требованию технологического комплекса практики (ТКП) 45-3.02-108-2008 (02250) **ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ** Строительные нормы проектирования п. В.1.1.

Среди требований указанного ТКП большое внимание уделяется необходимости оценки сейсмической опасности района строительства с уточнением интенсивности сейсмических сотрясений в баллах шкалы MSK-64 (балльности) по результатам изучения данных геологических изысканий и микросейсмического районирования [5]. В свою очередь, при проведении сейсмомикрорайонирования необходимо определение скоростных характеристик и плотности грунтов, а так же прочностных параметров модуля деформации $E_{\text{деф}}$, удельного сцепления грунтов C и угол внутреннего трения φ [2].

Для решения поставленных задач были проведены геофизические исследования методами высокоразрешающей сейсморазведки на поперечных волнах (ВСПВ), вертикального сейсмического профилирования в скважинах (ВСП), радонометрии, гелиометрии и гравиразведки.

Гравиразведочные работы согласно техническому заданию выполнены на площадке высотной части объекта по пяти профилям с шагом 10 м, а в её окрестностях – по трём профилям шагом 20 м. Гравиметрические измерения выполнены с использованием гравиметров ГНУ-КВ. Поправки за рельеф, ввиду его незначительного влияния, не вводились. Смещения нуля-пункта учитывались математически прямо пропорционально времени наблюдений.

При **радонометрических исследованиях** в почвенном воздухе определялась объёмная активность ^{222}Rn – (ОАР) с целью выделения зон повышенного содержанием радона, предположительно связанных с тектонически активными зонами. Пробы отбирались на участке работ, а их анализ (измерение ОАР) с целью исключения помех, проводился в лаборатории с использованием портативного радиометра РРА – 01М – 01 «Альфарад».

Содержания гелия в почвенном воздухе проводилось с использованием аппаратуры АХТ-ТИ (автоматический хроматограф термokatалитический). Целью этих исследований, как и в предыдущем случае, было обнаружение активных разломов.

Высокоразрешающей сейсморазведка на поперечных волнах (ВСПВ), проводилась для изучения особенностей строения верхней части разреза (первые сотни метров) с помощью отраженных поперечных SH-волн. Эти исследования выполнены для изучения положения горизонтов разреза и их характеристик, в междускважинном пространстве, а также для выявления деформаций разреза характерных для активных тектонических нарушений [2].

Полевые работы выполнены с помощью сейсморазведочного комплекса «Лакколит 24-М2» по трём профилям (520 точек). Наземные наблюдения выполнялись по схеме Y-Y. Регистрация сейсмических колебаний осуществлялась в режиме накопления сейсмического сигнала, используемого для подавления помех. Применение такой системы обеспечивает возможность эффективного устранения регулярных волн-помех с вектором поляризации в вертикальной плоскости (продольных и поперечных SV-волн).

Вертикальное сейсмическое профилирование в скважинах (ВСП) является важной составной частью методики ВСПВ. С его помощью надёжно и достоверно осуществляется сейсмогеологическая идентификация отраженных волн, зарегистрированных при наземных наблюдениях. Это обстоятельство обеспечивает уверенную геологическую интерпретацию временных и глубинных разрезов. Метод ВСП используется также в качестве самостоятельного метода исследований для оценки прочностных свойств. При проведении скважинных сейсмических наблюдений ВСП также использовалась сейсмостанция Лакколит 24-М2 [2].

При ВСП, как и при ВСПВ, регистрации поперечных SH-волн возбуждение сейсмических колебаний осуществляется в режиме накопления. Сейсмические записи, зарегистрированные на вертикальном сейсмоприемнике от разнонаправленных серий ударов, суммировались, а сейсмические записи, зарегистрированные на горизонтальных сейсмоприемниках – вычитались. Подобный способ обработки позволил надёжно выделять на сейсмических записях как продольные P-волны, так и поперечные SH-волны. Шаг перемещения зонда по скважине равнялся 0,5 м.

Обработка полученных данных ВСПВ и ВСП осуществлялась с помощью обрабатывающего комплекса «RadExProPlus». В процессе обработки использовались стандартные процедуры обработки сейсмического сигнала, такие как вычитание, сложение, фильтрация, коррекция амплитуд, пересчёт временного разреза в глубинный с приведением к абсолютным отметкам земной поверхности.

По результатам проведенных работ установлено, что гравитационное поле на рассматриваемой площади спокойное и изменяется от 23,6 мГл на юго-востоке до 23,9 мГл на севере площади. Указанный минимум, а также минимум на северо-западной оконечности здания, имеют величину несколько больше 0,14 мГл и могут быть обусловлены плотностными неоднородностями грунта (юго-западный минимум) и влиянием расположенного рядом здания (минимум на северо-западном торце ЖК). На картах локальных аномалий поля силы тяжести с радиусами 50 и 260 м значимых аномалий не выявлено. На карте полного горизонтального градиента гравитационного поля отмечается широкая аномалия пониженного градиента слабой интенсивности. Все эти данные свидетельствуют об отсутствии элементов гравитационного поля, которые можно было бы связывать с разрывным нарушением.

В некоторых местах наблюдается повышения гелия. Результаты бурения в этих точках, не подтверждают наличие активных нарушений.

Объёмная активность радона на профилях с ненарушенным грунтом обычна для Минска и составляет 5 000–15 000 Бк/м³, достигая в отдельных точках 26 000 и 33 000 Бк/м³. На площадке жилого комплекса «Лазурит», где снят естественный грунт и на поверхность выведен грубый техногенный грунт большой мощности, ОАР радона ниже средних значений по Беларуси. Это связано с интенсивным газообменом между техногенным грунтом и атмосферой. Таким образом, нет оснований для выделения активных зон разлома по данным радонометрии.

По данным ВСПВ прослежено строение горизонтов на северной и восточной границах площадки строительства, а также выполнен поиск активного разлома Ошмянский-2 от площадки строительства в северном направлении. Выполнено расчленение разреза сожского, днепровского, березинского моренных горизонтов и разделяющих их песков. Уверенно прослежена кровля наровских отложений (костюковичского горизонта) и отражающих границ внутри девонских отложений.

По данным сейсморазведки на разрезах не установлено оснований для выделения деформаций разреза, которые могут быть связаны с активными разрывными нарушениями.

По исследованиям в связи со строительством МФК Газпрома в 2014 г. предполагалось наличие вблизи от площадки ЖК «Лазурит» активного разлома Ошмянский-2. Сейсморазведкой установлено, что на самой площадке и на протяжении 1 км к северу от нее нет разлома, смещающего наровские отложения (по данным бурения и переинтерпретации наземной геофизики предположено, что этот разлом проходит на расстоянии 2-х км к северу от площадки строительства).

Скорости поперечных V_s и продольных V_p , определенные по ВСП, пересчитаны по установленным зависимостям в модуль деформации ($E_{деф}$), удельное сцепление (C) и угол внутреннего трения грунтов (ϕ).

По каждой компоненте $E_{деф}$, C , ϕ построены разрезы, данные которых явились исходными для построения прочностных и деформационных разрезов по ВСП.

Данные по модулю деформации показали, что наиболее прочными выглядят песчаные отложения сожского горизонта, имеющие $E_{деф}$ более 60 МПа. Значения 40 МПа и ниже характерны для моренных и суглинистых отложений нижнесожского горизонта. Пород с $E_{деф}$ 20 МПа и ниже не отмечено. Удельное сцепление песчаных разностей изменяется в пределах 2–10 кПа у моренных и глинистых она составляет 18–24 кПа; угол внутреннего трения изменяется от 24° до 40°.

Таким образом, по данным ВСП и ГИС установлено отсутствие малопрочных грунтов на площадке. Данные плотностного и нейтронного каротажа указывают на отсутствие грунтов с органикой. При построении геологических и прочностных разрезов установлено отсутствие деформаций, входящих в верхние горизонты осадочного чехла.

Построенная карта сейсмического микрорайонирования (для высотной части здания) (составлена «Центром геофизического мониторинга» НАН Беларуси), выделяет одну аномальную зону в районе скв. 1 ВСП, в которой приращение балльности равна 1. Несмотря на это, площадка под высотной частью здания целиком оказывается в зоне незначительных величин, при осреднении которых мы получили ноль. Учитывая этот факт, а также данные инженерно-геологического районирования, по которым вся площадка является однородной и не подлежит более детальному разбиению, можно дать нулевую оценку приращения балльности для объекта строительства.

В целом сейсмогеологическое изучение территории, с применением геофизических методов показывает, что стройплощадка ЖК «Лазурит» выбрана в пределах благоприятного, с геологической точки зрения, тектонического блока, в контурах которого отсутствуют активные разрывные нарушения и породы низкой прочности, а приращение балльности по данным сейсмического микрорайонирования равна нулю.

1. Махнач А. С., Гарецкий Р. Г., Матвеев А. В. и др. Геология Беларуси. Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.

2. ТКП 17.04-26-2011 (02120). Правила проведения сейсморазведочных работ. Мн., 2011. С. 6–66.

3. Кензера А. В., Пронишин Р. С., Вербитский С. Т. и др. Сейсмические сотрясения в Минске при карпатских землетрясениях / Белорусский сейсмологический бюллетень. Мн.: Изд-во ИГиГ НАН Беларуси, 1992. С. 169–184.

4. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. М.: Наука, 1988. 224 с.

5. ТКП 45-3.02-108-2008. Высотные здания. Строительные нормы проектирования. М., 2008. 85 с.