

Шилова А.В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ),
геологический факультет, кафедра инженерной геологии и охраны недр,
г. Пермь, shilova-av@yandex.ru

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ В Г. БЕРЕЗНИКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Исследуемая территория расположена на левом берегу Камского водохранилища, в 1,5 км западнее жилой застройки г. Березники и представляет собой промышленную площадку действующего производства.

Данный район приурочен к центральной части Соликамской впадины. Восточное крыло ее осложнено локальным Березниковским поднятием размером 7×12 км, характерной особенностью которого является сравнительно неглубокое залегание коренных пород иренского горизонта кунгурского яруса (P_{1kg}) нижней перми, а также присутствие солей в отложениях его кровли. Коренные породы перекрыты чехлом аллювиальных отложений четвертичной системы.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие отложения пермской и четвертичной систем. Пермская система представлена уфимским и кунгурским ярусами. В составе последнего выделяется иренский горизонт (P_{1ir}), представленный глинисто-мергелистой толщей с мощными прослоями каменной и калийной солей. Соленосная толща разделена очень тонкими прослоями загипсованных глин. Общая мощность отложений до 400 м.

На иренские отложения согласно ложатся глинисто-карбонатные породы уфимского яруса (P_{1uf}), в состав которого входят соликамский и шешминский горизонты. Соликамский горизонт (P_{1sl}) повсеместно развит в исследуемом районе и слагает цоколь поймы и низких террас р. Камы с притоками. Он сложен характерными сероватыми породами глинистого состава. По данным бурения на исследуемой территории в верхней части разреза преобладают мергели с прослойками песчаника и аргиллита. Общая мощность соликамской свиты в долине р. Камы достигает 60-150 метров.

Аллювиально-техногенная толща грунтов подстилается коренными отложениями соликамского горизонта, представленными в кровле мергелями сильновыветрелыми, сильнотрещиноватыми, обводненными (плитняковая толща).

Практически для всех фундаментов зданий и сооружений, расположенных на промплощадке, грунтовым основанием является толща аллювиальных отложений, представленная классическим типом наложения. В основании – песчано-гравийные отложения (русловая фация), перекрытые песками (фация прирусловой отмели) и песчано-глинистыми отложениями и илами с линзами заторфованных грунтов (фация поймы). Аллювиальные отложения фрагментарно замещены озерно-аллювиальными отложениями. Естественная

поверхность аллювиальной толщи перекрыта искусственными (техногенными) грунтами различными по способу отсыпки, составу, плотности, возрасту.

В гидрогеологическом отношении на территории предприятия выделяются два водоносных горизонта. Первый – трещинно-грунтовых и трещинно-пластовых вод, приурочен к коренным терригенно-карбонатным отложениям соликамского горизонта. Второй – грунтовых вод, приурочен к четвертичным дисперсным отложениям.

Подземные воды исследуемой территории находятся в тесной связи с ее геологическим строением, физико-географическими и геоморфологическими условиями. Эта связь выражается в неодинаковых условиях формирования химического состава и ресурсов подземных вод, особенностях их залегания, движения и разгрузки.

В инженерно-геологическом строении территории выделяется два принципиальных глубинных интервала, в которых, вне зависимости друг от друга, возможно проявление опасных геологических процессов, обусловленных влиянием различных групп генетических факторов. В ходе настоящих исследований детально изучались грунтовые условия отложений четвертичной покровной толщи. Для этого были собраны и систематизированы данные инженерно-геологических изысканий и исследований за последние 60 лет. В результате систематизации материалов был составлен каталог, включающий более 1100 горных выработок (скважины, шурфы, точки зондирования), 2087 проб грунтов, 159 проб воды. По этим данным был произведен предварительный анализ инженерно-геологического строения площадки.

Впервые подразделение грунтовой толщи на инженерно-геологические слои было выполнено организацией «ВерхнеКамГИСИЗ» в 1977 году, в ходе работ по комплексной обработке материалов изысканий прошлых лет на территории предприятия. Основываясь на результатах этих работ, автор расширил и дополнил ранее предложенную классификацию.

По данным горнопроходческих работ, полевых испытаний грунтовой толщи и лабораторных исследований проб грунтов геолого-литологический разрез площадки подразделяется на ряд инженерно-геологических слоев. Выделение слоев произведено в зависимости от происхождения, вида и разновидности грунтов, а также их состояния и свойств. При выделении слоев не учитывалось их пространственное расположение в форме единого геологического тела, ввиду чего один и тот же слой может быть развит в любой части исследуемой территории в пределах различных глубинных интервалов. Всего выделено 18 слоев, 2 из которых представлены искусственными грунтами, 7 – пластичными грунтами различного генезиса, 6 – песчаными и крупнообломочными аллювиальными грунтами, 2 – элювиальными глинистыми и крупнообломочными грунтами с глинистым заполнителем, 1 – скальными грунтами. Выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в рамках всей исследуемой территории не представляется возможным ввиду широкой изменчивости литологии, состава и свойств грунтов покровной толщи [1].

Заметим, что ранее, в результате систематизации и последующего анализа инженерно-геологической информации на исследуемой территории проведена типизация геологического строения приповерхностной части массива. В основе предложенной типизации лежит чередование в разрезе различных инженерно-геологических слоев, которые выделялись по данным горнопроходческих работ, полевых испытаний грунтовой толщи и лабораторных исследований проб грунтов в зависимости от происхождения, вида и разновидности грунтов. Всего было выделено 6 типов геологического строения. В рамках первых четырех из них дополнительно выделены подтипы.

В пределах промышленной площадки представлены первые четыре типа инженерно-геологического строения. Тип 6 появляется в разрезе в 200 м восточнее исследуемой территории, тип 5 выделенный в ходе типизации на исследуемой территории скважинами вскрыт не был.

Участки с 1 типом разреза характеризуются преобладанием песчаных и крупнообломочных аллювиальных отложений с незначительными по мощности включениями глинистых прослоев и, как следствие, распространены преимущественно в пойме и в прибрежной полосе р. Кама. Площадь распространения 1 типа разреза составляет 988,5 м². 2 тип разреза, представленный преимущественно глинистыми грунтами, развит незначительно. Он распространен спорадическими и локальными пятнами в южной и юго-восточной части промышленной площадки (23,4 м²). Наибольшую площадь занимают участки с 3 типом разреза (2241,6 м²), которые приурочены к старому руслу р. Зырянки. Эти участки характеризуются послойным замещением с глубиной глинистых отложений песчаными. 4 тип разреза, характеризующийся по отношению к 3 типу инверсионным залеганием песчаных и глинистых грунтов, развит крайне незначительно (0,4 км²). Небольшие точечные участки его развития встречены в пределах территорий, характеризующихся 3 типом геологического строения [2].

Неоднородность фильтрационных свойств отложений, слагающих техногенно-аллювиальные грунты, определяет изменчивость их водонасыщения по латерали и по разрезу, которая в целом контролируется степенью песчаности разреза. Особенности водных свойств дисперсных грунтов, особенно в условиях постоянного водонасыщения, во многом обуславливают механические, прочностные и деформационные свойства и подверженность этих грунтов тем или иным процессам (например, набухание, просадочность, плавунность, суффозионность).

Практически по всему глубинному интервалу дисперсные отложения техногенно-аллювиальной толщи являются суффозионно неустойчивыми. Исключение составляют отдельные уплотненные прослои техногенных грунтов. Иными словами, грунтовое основание фундаментов зданий и сооружений промплощадки является толщей, где потенциально возможно возникновение процессов суффозии, а, как результат, общее разуплотнение грунтов за счет выноса мелкодисперсной фракции, появление типичных форм суффозионного процесса – на поверхности локальные оседания, просадки, провалы, а внутри

массива – полости. Интенсивность суффозионного процесса зависит от гидродинамического режима грунтовых вод – относительно резких изменений скоростей движения фильтрационного потока в интервале «сработки» уровня подземных вод (в интервале сезонного понижения и восстановления уровней).

Следует заметить, что наиболее неблагоприятными в строительном отношении, а также в плане проявления опасных геологических процессов (суффозия, оседание, набухание, слабое залегание), являются участки, представленные 3 и 4 типами геологического строения. Именно в пределах территорий их развития зафиксирована большая часть техногенных аварий, а также неравномерные и зачастую ускоренные оседания поверхности земли.

В рамках выделенных инженерно-геологических слоев проведена комплексная статистическая обработка свойств грунтов, слагающих их. Статистическая обработка выполнена по всем пробам, относящимся к исследуемым слоям, независимо от времени и сезонности опробования. Такой подход позволяет в максимальной степени учесть границы изменчивости основных физико-механических характеристик грунтового основания.

Сопоставление ореолов развития отдельных слоев с проблемными зданиями и сооружениями, техногенными авариями, аномалиями волнового поля, а также участками оседания земной поверхности, позволило выявить наиболее «неустойчивые» инженерно-геологические слои.

Установлено, что наиболее «неустойчивыми» являются грунты, представленные аллювиальными и озерно-болотными мягко- и текучепластичными суглинками и глинами, а также аллювиальные пески мелкие и средней крупности, средней плотности насыщенные водой. К этой же категории относятся техногенные грунты насыпного слоя.

Инженерно-геологические слои, характеризующиеся повышенной «устойчивостью», сложены, главным образом, аллювиальными песками, мелкими и средней крупности, плотного сложения, песками гравелистыми с включениями гравия и гальки. Примечателен тот факт, что в эту категорию также попадают слои, представленные ослабленными органо-минеральными грунтами (илы), а также аллювиальными текучепластичными и текучими суглинками. Объясняется это, по-видимому, ореолами развития этих слоев, а также условностью выбранного методического подхода к установлению подобного рода взаимосвязей. Толща намывных грунтов (слой 1), развитых в юго-восточной части промплощадки также является относительно устойчивой.

Сопоставление физико-механических свойств наиболее «устойчивых» и «неустойчивых» инженерно-геологических слоев, в целом, свидетельствует о правильности их разделения. Нормативные значения основных физико-механических характеристик, определены по совокупности слоев в рамках каждой из категорий устойчивости. Установлена четкая тенденция к улучшению строительных свойств и повышению несущей способности грунтовых слоев, относящихся к «устойчивой» категории.

Для выявления наиболее ослабленных участков, для оценки состава, состояния и свойств грунтов, в состоянии их естественного залегания,

выполнялось статическое зондирование. Всего было обработано 369 точек статического зондирования. Результаты статического зондирования разных лет приведены к единым единицам измерения (МПа, кН).

Глубина статического зондирования на промплощадке составляет 2,8-19,6 м. Остановка погружения конуса зонда в грунт происходит в песках гравелистых, залегающих, как правило, в подошве слоя четвертичных отложений, и при достижении кровли коренных мергелей.

Пространственный анализ результатов зондирования выполнен по показателю лобового сопротивления грунта под конусом зонда q_c . Исследование осуществлено в рамках территории промплощадки по глубинным срезам с шагом 2 м, а также отдельно в двух глубинных интервалах – до 8 м и более 8 м. На каждом срезе глубин оценивалось среднее значение лобового сопротивления. В результате анализа определены зоны распространения ослабленных грунтов по площади и в разрезе на разных глубинах. В качестве условной границы между слабыми и относительно плотными грунтами принято значение лобового сопротивления равное 6 МПа.

Наибольшее распространение ослабленные грунты имеют в районе старого русла р. Зырянка. Здесь они развиты вплоть до глубин 14-16 м. Грунты насыпного и намывного слоев на глубине первых 2 м характеризуются повышенной разуплотненностью по всей территории промплощадки. Участки, где техногенные слои сложены относительно плотными грунтами, в этом глубинном интервале развиты фрагментарно и незначительно. В глубинном интервале 2-4 м плотность сложения техногенных грунтов несколько повышается, однако по-прежнему на большей части промплощадки остается незначительной.

В глубинных интервалах 4-6 м, 6-8 м, 8-10 м прослеживается четкая дифференциация разреза. В прибрежной полосе, по всей западной части промплощадки развиты, главным образом, песчаные слои с глинистыми прослоями, средней плотности, насыщенные водой, для которых характерны высокие значения сопротивления внедрению конуса зонда. По мере удаления вглубь водораздела в интервале глубин 4-10 м начинают преобладать глинистые грунты, реже органико-минеральные грунты (торфы). В этом интервале пески представлены незначительными прослоями. Текучее состояние грунтов и характерные для него значения физико-механических характеристик определяют общую «ослабленность» этой толщи, что прослеживается и по результатам зондирования.

На глубинах более 10 м ослабленные грунты встречаются фрагментарно на участке старого русла р. Зырянка и приурочены к прослоям аллювиальных и озерно-болотных суглинков и глин. Начиная с глубины 15 м грунты ослабленных участков, представленных разуплотненными отложениями, не наблюдается.

Полученные результаты могут быть использованы при оценке опасности проявления геологических процессов и явлений в пределах исследуемой площади. Так, сопоставление ореолов развития неустойчивых инженерно-геологических слоев, установленных по результатам предыдущих исследований

[3], и участков развития ослабленных грунтов, выявленных по данным статического зондирования, позволило маркировать общие зоны в их локализации с процентом перекрытия, достигающим 60-70%.

Литература

1. Шилова А.В. Особенности инженерно-геологического строения территории промышленной площадки в г. Березники Пермского края // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам V науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых с междунар. участием) (26-29 апреля 2012г. г. Пермь) / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2012. Т.2. С. 9-12.
2. Шилова А.В., Катаев В.Н. Типизация геологического строения территории промышленной площадки в г. Березники Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: региональная научно-практическая конференция с международным участием (22-23 мая 2012г. г.Пермь) / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2012. С. 180-183.
3. Шилова А.В., Катаев В.Н. Оценка опасности проявления геологических процессов в зависимости от грунтовых условий // Сергеевские чтения. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты). Молодежная конференция. Выпуск 15. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21-22 марта 2013 г.) / М.: РУДН, 2013. С. 144-148.