

## МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 528.48;624.131.4

### КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

© 2016 г. В. В. Дмитриев\*, С. Н. Чернышев\*\*

\* *Российский государственный геологоразведочный университет  
им. Серго Орджоникидзе, ул. Миклухо-Маклая, 23, Москва, 117485 Россия.  
E-mail: V.V.Dmitriev@mail.ru*

\*\* *Московский государственный строительный университет,  
Ярославское шоссе, 26, Москва, 129337 Россия. E-mail: 9581148@list.ru*

Поступила в редакцию 05.07.2015 г.

Методы определения деформационных, прочностных, фильтрационных характеристик традиционно подразделяются на лабораторные, полевые и геофизические. Предложена новая классификация, в основу которой положены потенциальная точность метода, зависящая от вовлекаемого в эксперимент объема грунта, и длительности испытания. По объему области воздействия на грунт выделены методы точечные, объемные и полнообъемные (массивные), по длительности испытания – кратковременные (мгновенные), длительные и полновременные (“вечные”). В пересечении двух независимых классификаций получено 9 классов. Каждый метод получает двойное наименование: мгновенный точечный или мгновенный объемный и т.д. Таким образом, множество методов определения расчетных характеристик или, что то же, расчетных показателей механических и фильтрационных свойств грунтов в предложенной классификации по качеству результата разделено на ряд таксонов. Классы методов в пространственно-временном континууме признаков выделены по соотношению длительности испытания со сроком работы грунта в расчетном процессе (осадка, просадка и др.) и по соотношению испытываемого объема с расчетным объемом основания здания, грунтового массива оползневого склона и тому подобным объемом. Предлагаемая систематика позволит дополнить представления о сущности и качестве получаемых характеристик грунтов, стимулирует развитие перспективных методов, облегчит выбор методов при планировании изысканий и исследований и изучение их специалистами и студентами.

**Ключевые слова:** *грунт, массив, масштабный эффект, реология, геомеханика, лабораторные методы, полевые методы, геофизические методы, инженерно-геологические изыскания, инженерно-геологический элемент, расчетный геологический элемент, фильтрация, расчет основания.*

Для характеристики свойств грунтов, геологической среды, инженерно-геологических элементов (ИГЭ), расчетных геологических элементов (РГЭ) инженер-геологи используют три группы показателей, соответствующих классической триаде: материя – пространство – время:

– свойств, состава, состояния грунтов, грунтовых массивов, инженерно-геологических, расчетных геологических элементов, их вещественного состава, состояния, рассматриваемых в пространстве признаков;

– пространственного положения, характеризующего высотные, абсолютные отметки, протяженности, мощности геологических тел, массивов,

слоев, линз, инженерно-геологических тел и др., параметры структуры и текстуры, фиксируемые в геологическом пространстве;

– изменений во времени параметров физико-геологических и инженерно-геологических процессов, происходящих в грунтах, геологической среде (массивах), инженерно-геологических телах, расчетных геологических телах, наблюдаемых во временном пространстве.

Выбор комплекса показателей определяется целью и условиями решаемой задачи, конкретными свойствами массивов грунтов, инженерно-геологических тел, разновидностей изучаемых грун-

тов, свойствами сооружений и предъявляемыми ими требованиями.

Перечисленные группы показателей свойств грунтов, геологической среды, грунтовых массивов, используются, как правило, совместно для геомеханических и геофильтрационных расчетов, характеристик ИГЭ и РГЭ. Показатели определяются различными методами. Их количество, например, для уникальных сооружений, по подсчетам Д.И. Бережнова<sup>1</sup> достигло 334 и продолжает увеличиваться. Качество результатов испытаний, выполняемых разными методами, существенно различается. На порядки различается стоимость разных испытаний грунтов. В итоге в расчетных моделях, как правило, используются совместно показатели существенно разного качества (точности, разрешающей способности, технологичности, стоимости, эргономичности и др.).

Рассмотрим первую группу показателей. В список характеристик, наиболее часто используемых для геомеханических расчетов, входят модуль общей деформации, сцепление, угол внутреннего трения, коэффициент фильтрации, плотность грунта, а также модуль сдвига, статический модуль упругости, предел прочности на сжатие, коэффициент водопроницаемости, коэффициент уровня непроводности (пьезопроводности) и многие другие. Число показателей свойств грунтов неуклонно расширяется в связи с совершенствованием представлений о природе моделируемых процессов и математических аппаратов, используемых для расчетов оснований сооружений, для решения задач, связанных с движением подземных вод и подземным строительством. Для четкого осознания специалистами инженер-геологами, изыскателями и исследователями, геомеханиками преимуществ и недостатков, качества результатов каждого отдельного метода на фоне других методов, созданных и применяемых для тех же целей, необходимо определение системы ценностей, т. е. решение аксиологической задачи, заключающейся в систематизации методов и ранжировании признаков, определяющих качество показателей. Представления о качестве характеристик грунтов и массивов, ИГЭ и РГЭ, в свете рассматриваемых задач необходимы также для учебного процесса. Заметим, что множество методов имеет право на существование в связи с разнообразием методов познания, наличием многочисленных разновидностей грунтов и воздействий на грунты от

принципиально различных сооружений, в связи с разным уровнем ответственности и стоимости сооружений и соответственно стоимости информации о геологической среде.

Для классификации методов получения информации необходимо, во-первых, определить (т.е. ограничить) объект классификации, во-вторых, назначить основания для разделения объекта на таксономические единицы на разных уровнях, в-третьих, разнести методы по таксонам. Ввиду большого количества методов последняя задача выходит за рамки объема статьи. Необходимость ее решения только обозначим.

Весьма разнообразны методы определения цифровых значений показателей деформационных, прочностных, фильтрационных и других свойств грунтов в пределах инженерно-геологического (ИГЭ) или расчетного геологического (РГЭ) элементов. В геомеханике их принято называть расчетными характеристиками. Методы определения классификационных показателей грунтов находятся за пределами данного анализа, так как их значения в расчетные формулы и модели, как правило, непосредственно не входят. Они влияют на расчетные модели опосредованно, определяя состав, границы ИГЭ или РГЭ. Положение границ элементов существенно влияет на результаты расчета, но методы определения границ между разновидностями грунтов, зон взаимодействия [1] не входят в данный анализ, поименованный "методы определения расчетных характеристик грунтов". Для геомеханических расчетов необходимы характеристики напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива. Они учитываются во всех геомеханических и некоторых геофильтрационных расчетах. Строго говоря, рассматриваемые здесь расчетные характеристики ИГЭ или РГЭ, которые в каждом заключении изыскателей приводятся в форме таблицы, верны только для какого-то фиксированного во времени НДС. Методы определения параметров НДС мы также включаем в рассмотрение, хотя они в настоящее время в инженерных изысканиях не развиты и практически не применяются.

В практике изысканий в середине прошлого века сложилось разделение методов на три группы [5]. Две основные группы выделены по признаку "место проведения испытаний". Они названы лабораторными и полевыми. В первом случае грунт доставляется к стационарному прибору для испытаний. Во втором – мобильная установка для испытаний грунтов доставляется к месту их залегания. Лабораторные и полевые методы основаны на измерении параметров уравнений Гука, Куло-

<sup>1</sup> Из доклада начальника отдела инженерно-геологических изысканий Государственного союзного проектного института, к.г.-м.н. Бережного Д.И., сделанного на кафедре инженерной геологии РГГРУ-МГРИ в октябре 1989 г.

на-Мора, Дарси и др., которые по общепринятому представлению удовлетворительно описывают инженерно-геологические процессы в грунтах, используемые при расчетах поведения природно-или лито-технических объектов или их моделей – систем, которые моделируются при проведении лабораторных и полевых испытаний грунтов. Третья группа методов обособлена под названием “неразрушающие геофизические методы”. Из них для определения расчетных характеристик узаконено применение сейсмоакустических методов [5, 6]. Геофизические исследования проводятся как в лабораторных, так и в полевых условиях. Однако в сложившейся стихийно классификации они отделены от лабораторных и полевых как методы, основанные на иных законах физики, не используемых в геомеханических и геофильтрационных расчетах.

Совершенствуя сложившееся разделение методов, следует для строгости ввести два уровня классификации. На первом уровне в группе используемых физических законов можно выделить три класса методов: 1) геомеханические – основанные на законах Гука, Кулона-Мора и других законах механики твердого тела; 2) геофильтрационные – основанные на законе Дарси и других законах движения жидкостей и газов; 3) геофизические – основанные на иных законах физики, почти не применяемых в проектных расчетах. На втором уровне классификации в каждом из трех названных таксонов можно выделить лабораторные и полевые методы.

Такая обновленная классификация методов проста и привычна. Но она, на наш взгляд, обладает существенным недостатком, а именно: она сделана по признакам второстепенным с позиций строительной науки и практики, так как общая цель строительства – создать надежное здание или сооружение при минимальных затратах и в кратчайшие сроки, на что и направлено проектирование, в частности, расчеты оснований, дренажей, водозаборов, подземных и других сооружений. Для создания надежного, долговечного сооружения служат и инженерно-геологические изыскания. Исходя из общей цели проектно-изыскательских работ основанием для классификации, основным классификационным признаком метода следует считать точность определения расчетной характеристики грунта, что положим в основу на первом уровне классификации методов определения расчетных характеристик. На втором уровне методы можно разделить на прямые и косвенные по параметрам, измеряемым в эксперименте. Если в опыте измеряются физические

величины, подлежащие затем расчетам при проектировании (деформации, расходы воды, изменения ее уровня и т.п.), метод называем прямым. Если измеряются физические величины, так или иначе связанные с используемыми в расчетах при проектировании (скорости упругих волн, раскрытия и шероховатость трещин, число ударов для погружения конуса), эксперимент назовем косвенным. На третьем уровне разделение проведем по применяемому оборудованию.

*Классификация первого уровня:* выделим классы методов по признаку “точность методов”. Точность результата эксперимента зависит от точности или погрешности измерения фиксируемых величин, вносимой случайными факторами или несоответствием хода опыта и расчетной модели (методическая погрешность, имеющая систематический характер), и от многих других факторов. Например, методическая погрешность может быть вызвана наличием неучитываемой нелинейности на графике зависимости деформации от нагрузки [2] или наличием элемента неустановившегося движения в фильтрационном опыте, рассчитываемом по формулам Дюпюи. Например, при одиночной откачке коэффициент фильтрации определяют для испытываемого объема с погрешностью до 30–40% [3], что устранимо совершенствованием расчетных моделей и используемых приборов. Но не эти погрешности в целом определяют точность оценки расчетной характеристики грунта в массиве. На десятки процентов и даже в несколько раз результат искажают погрешности иного рода, связанные со спецификой геологической среды, а именно: влияние масштабного эффекта, обусловленного структурной неоднородностью грунта и грунтового массива, и временного эффекта, вызванного его реологическими свойствами. Временной эффект особенно характерен для глинистых грунтов, но в какой-то мере проявляется и в грунтах других подвидов.

В силу масштабного эффекта погрешность определения характеристики сильно зависит от объема грунта, вовлекаемого в эксперимент [2, 4]. Так, объем лабораторного образца в  $\sim 10^3$  раз меньше объема грунта, используемого в полевых испытаниях, в  $\sim 10^7$  раз меньше объема основания отдельно стоящей колонны и в  $\sim 10^{10}$  раз меньше объема основания стандартного пятиэтажного дома. Отсюда в силу неоднородности грунтов и особенностей лабораторного и полевого моделирования результат лабораторного определения модуля общей деформации глинистого грунта в 2–6 раз меньше расчетного значения, получаемого при испытании того же грунта статиче-

ской нагрузкой [7]. Однако и штамп вовлекает в эксперимент объем, который в 20 раз меньше объема основания колонны и в 1000 раз меньше основания небольшого дома. Если сравнивать не с отдельно стоящей колонной, а с бетонной плотинкой, размерами реакторного отделения типовой АЭС (80 × 80 м), то несоответствие объемов, а следовательно, и учитываемых при исследовании геологических неоднородностей будет еще более разительным, поэтому модуль деформации, определенный штампом, несет в себе погрешность, связанную с масштабным эффектом. Модуль деформации, получаемый при испытаниях грунта штампом, меньше действительного значения расчетной характеристики грунта. Вероятно поэтому реальные осадки зданий обычно меньше прогнозируемых. Так, на объекте Казанская церковь в с. Дивеево расчетная осадка, вычисленная по результатам лабораторных компрессионных опытов с поправкой по [7], была 25 мм, фактическая осадка не превысила 10 мм.

При полевых геофильтрационных исследованиях имеют место значительные погрешности, связанные с масштабным эффектом. Из-за фильтрационной неоднородности погрешность оценки коэффициента фильтрации при одной одиночной откачке, даже в относительно однородной толще аллювиальных песков  $\geq 80\%$  средней характеристики для грунтового массива; в трещиноватом массиве результат одиночного фильтрационного опыта может отличаться от среднего на порядок и два [3].

Низкая точность оценок расчетных характеристик значительно влияет на качество инженерно-геологических прогнозов. М.Н. Гольдштейн считал, что ошибки инженерно-геологических прогнозов могут достигать 100% [8].

Не доверяя результатам определения расчетных характеристик при изысканиях, проектировщики ввели коэффициенты запаса, которые страхуют от грубых ошибок расчета из-за ошибочного определения расчетной характеристики. При правильной оценке расчетной характеристики грунта, заложенные в расчеты запасы приводят к значительному расхождению проектных и фактических осадок, а также других деформаций или иных прогнозных величин.

Исходя из изложенного, предлагаем двумерную классификацию методов определения расчетных характеристик грунтов в массиве (таблица), названную качественной, поскольку основание для классификации – качество получаемой из эксперимента информации. По форме она подоб-

на генетической классификации магматических горных пород, которые классифицированы по двум осям. В указанной общепризнанной классификации по одной оси – показатель химического состава горной породы, конкретно содержание  $\text{SiO}_2$ . По этому признаку горные породы разделены на кислые, средние, основные, ультраосновные. По другой оси – те же породы, разделенные по условиям петрогенеза на глубинные, излившиеся, вулканические. Формальными признаками условий петрогенеза служат структура и текстура породы. Каждая горная порода в этой классификации имеет двойную классификационную принадлежность. Например, гранит – порода одновременно и глубинная, и кислая. Такого типа двумерные классификации имеются в гидрогеологии (график-квадрат Н.И. Толстихина нумерации подземных вод по химическому составу) и грунтоведении.

В основание нашей классификации также положены два признака методов, оказывающие принципиальное влияние на качество результата. По горизонтальной оси качественной классификации методов – длительность испытания, по вертикальной оси – относительный объем испытываемого грунта. По продолжительности испытания все опыты разделены на кратковременные (мгновенные), длительные и полновременные. Последние для краткости можно назвать “вечными”. Длительность последних в ряду испытаний соответствует длительности эксплуатации здания или сооружения, его веку либо полной длительности изучаемого процесса. Вечный опыт, позволяющий получить действительное значение деформации, это, например, мониторинг осадки здания до ее завершения и последующий расчет характеристик грунта по деформации основания, обратные расчеты прочностных характеристик грунта по параметрам оползневого процесса или расчет гидрогеологических параметров пласта по данным установившегося водопритока в котлован, многолетней эксплуатации водозабора, по длительному ряду наблюдений за уровнем подземных вод или установившемуся режиму дренающего водотока.

Вечный опыт не обязательно должен быть длительным в абсолютном времени. Применительно к определению коэффициента относительной просадочности, например, полновременный опыт может продолжаться несколько часов или несколько суток до завершения процесса просадки в испытываемом объеме.

В классификационной таблице объем испытываемого грунта – от объема кольца компрессионного

Классификация методов определения расчетных характеристик грунтов

Классы испытаний	Длительность испытания грунта		
	кратковременные (мгновенные)	длительные	полновременные (“вечные”)
Точечные	Лабораторные стабилметрические, сдвиговые испытания – быстрый сдвиг, определение предела прочности на сжатие, растяжение, изгиб, <i>геофизические испытания на образцах</i> , метод разгрузки для определения напряжений, метод разгрузки керна для определения напряжений, определение величины противодействия и др.	Испытания эталонной сваей, медленный сдвиг, компрессионные испытания, лабораторные методы определения характеристик просадочности, набухаемости, усадки, размокаемости пучинистости и др.	Определения параметров режима подземных вод, метод разгрузки массива в тоннеле, определение порового давления, определение реологических характеристик грунтов в лаборатории и др.
Объемные	<i>Зондирование статическое и динамическое</i> , дилатометрия, вращательный срез, <i>искиметрия, геофизические каротажные методы и др.</i>	Испытания грунтов статическими нагрузками, <i>прессиометрические</i> испытания, срезы цилиндров, одиночные откачки, нагнетания и наливки и др.	Полевые методы определения характеристик просадочности, набухаемости, пучинистости, испытания грунтов статическими нагрузками в условиях фильтрационного выщелачивания и др.
Полнообъемные (массивные)	<i>Геофизические методы определения деформационных характеристик и напряженно-деформированного состояния массива</i> и др.	Испытания свай, кустовые откачки, <i>длительные геофизические измерения и др.</i>	Групповые откачки, методы определения напряженного состояния путем разгрузки массивов грунтов в тоннеле, методы, обеспечивающие проведение обратных геомеханических и геофильтрационных расчетов, расчетов по опытно-эксплуатационным откачкам и режимным наблюдениям и др.

Примечание. Основания для классификации – объем испытуемого грунта и длительность испытаний.

прибора до объема основания здания или сооружения. Испытания на малых объемах объединены под названием точечных; на объемах, равных расчетной области, – полнообъемных. Промежуточное место занимают объемные опыты. Здесь наши предложения соприкасаются с давно установившимися в грунтоведении понятиями об уровнях исследований грунтов: микроуровень (изучение минерального состава, микроструктур на соответствующих приборах), породный уровень (изучение образцов пород) и макроуровень – изучение грунтов в массиве (*in situ*) полевыми методами. Из указанных трех уровней грунтоведения микроуровень не применяется для определения

расчетных характеристик и существует для научных целей и отчасти для определения классификационных характеристик грунтов. Породный уровень – это точечный, макроуровень (*in situ*) – объемный в нашей терминологии. Наш полнообъемный уровень в грунтоведении не рассматривается. Он дает характеристику грунтовой толщии или грунтового массива в целом, что выходит за рамки грунтоведения, изучающего грунты на породном уровне.

К полнообъемным, в частности, отнесены геофизические методы, которые позволяют просвечиванием исследовать большие объемы. Сюда отнесены и методы испытания свай (испытания

инвентарной свай в ходе изысканий, опытно-производственные испытания свай на строительных площадках), при которых исследуемые объемы грунта в сравнении с основанием сооружения невелики, но исследуется полный объем грунта, вовлекаемый в работу свай. Полнообъемными являются методы получения расчетных характеристик обратным расчетом по результатам мониторинга за движением оползней, за осадками зданий и сооружений, за уровнями и расходами подземных вод в водоносных горизонтах.

Между точечными и полнообъемными методами сосредоточены объемные методы. Объем испытуемого грунта здесь много больше, чем при лабораторных методах, но в сотни и тысячи раз меньше расчетного объема массива основания. К объемным, в первую очередь, отнесены полевые методы статического и динамического зондирования с относительно малым объемом испытуемой области под конусом зонда, метод одиночных откачек, вовлекающих в зону влияния тысячи кубических метров грунтового массива. Сюда же относятся геофизические каротажные методы. Если сравнить объем грунта, вовлекаемого в исследование при одиночном зондировании или каротаже скважин с объемом больших сооружений (плотины, здания ГЭС, реакторного отделения АЭС, комплексом зданий Москва-Сити, работающим как единый объект), то окажется, что этот объем практически столь же невелик, как и объем лабораторных образцов, а потому формально нет основания для выделения объемных методов. Его и не выделяли ранее [9]. Однако сейчас, учитывая упомянутое привычное для изыскателей и геотехников выделение уровня исследования (*in situ*) полевыми методами, поддерживая общую традицию, мы выделяем средний класс объемных испытаний – испытаний грунтов в массиве (*in situ*). Следует отметить, что это испытание грунтов в массиве, но не испытание грунтового массива со всей сложностью его строения. Классифицируя способы определения расчетных характеристик по качеству результата, обращаем внимание на то, что полевые геомеханические и геофильтрационные опыты при небольшом объеме исследуемой области геологической среды по точности результатов выгодно отличаются от лабораторных, поскольку при полевых опытах испытуемый объем сохраняет природное напряженное состояние, температуру, структуру и текстуру грунта. В лаборатории воспроизводят эти условия, но без возможности полного управления качеством воспроизведения. Упомянутое отличие полевых методов позволяет отделить их в классификации от методов лабораторных.

Необходимо отметить и преимущества лабораторных методов: только при лабораторных испытаниях можно создавать и исследовать предполагаемое напряженно-деформированное состояние грунта, менять его температурный и влажностный режимы, иначе говоря, моделировать работу грунта в условиях разнообразных прогнозируемых техногенных воздействий и нагрузок. В лабораторных условиях гораздо легче контролировать качество воспроизводства результатов испытаний [2]. Целесообразно при изысканиях комбинировать методы, в частности, при большой неоднородности грунтового массива, широко использовать относительно дешевые лабораторные методы и полевые экспресс-методы. Именно поэтому лабораторные методы необходимы в сложившемся комплексе методов инженерно-геологических изысканий.

Из выделенных 9 классов испытания грунтов и грунтовых массивов наиболее достоверны характеристики, получаемые методами класса "полнообъемные полновременные" (см. таблицу). По мере смещения по таблице вверх и влево достоверность определений свойств массива снижается. Частично достоверность удастся повысить увеличением количества испытаний. Однако систематические погрешности не позволяют полностью компенсировать количеством опытов отрицательное влияние сокращения времени и объема испытаний на качество результатов. Соответственно наименее достоверными для характеристики массива грунтов являются виды опытов, записанные в верхнем левом углу таблицы. Стоимость результатов испытания в целом снижается в том же направлении, как и качество, снизу вверх и справа налево.

Каждый из девяти классов может быть разделен на 2 подкласса, уже известные в сложившейся понятийной базе. Во-первых, выделяется подкласс прямых методов определения расчетных характеристик, во-вторых, подкласс – косвенных (в классификационной таблице помечены курсивом). Прямые методы отличаются тем, что в ходе опыта измеряют параметры (деформации, смещения со срезом целика, расходы воды, ее уровни и тому подобные величины), впоследствии используемые при проектировании. При косвенных методах измеряются параметры грунтовых массивов, связанные с искомыми расчетными характеристиками теоретическими или статистическими зависимостями.

Внутри каждого подкласса выделяются виды методов, частично поименованные в классификационной таблице. Виды выделены по принципи-

альным особенностям механического воздействия на грунт. Воздействия могут быть реально переданы на грунт или смоделированы на компьютере. Перечень видов не претендует на полноту. В каждом виде могут быть выделены разновидности испытаний. Разновидности выделяются по инструменту, применяемому в эксперименте. Например, для вида “штамповые испытания” могут быть выделены разновидности: 1) штамп в скважине, 2) штамп в шурфе. Для штампа в скважине имеются две модификации: 1) штамп с плоской подошвой, 2) винтовой штамп. Для испытаний в шурфе также имеются несколько модификаций, выделяемых по конструкции штампа: 1) штамп с плоской подошвой площадью 2500 или 5000 см<sup>2</sup>, 2) штамп с плоской подошвой площадью 1000 см<sup>2</sup> с кольцевой пригрузкой, дополняющей площадь до 5000 см<sup>2</sup>. Для расчетных методов инструментом служит алгоритм программного продукта, основанный на том или ином законе механики или гидравлики.

Данная классификация методов определения расчетных характеристик грунтов является частной по отношению к общей классификации методов получения инженерно-геологической информации, предложенной Г.К. Бондариком и Л.А. Ярг [1]. Она в общей классификации занимает секторы в таксонах М<sup>1</sup><sub>3</sub>, М<sup>1</sup><sub>4</sub>, М<sup>2</sup><sub>5</sub>, М<sup>1</sup><sub>6</sub> и М<sup>2</sup><sub>6</sub> “сингулярные частные специальные прямые и косвенные методы инженерной геологии”, далеко не покрывая их понятийное пространство.

## ВЫВОДЫ

Все множество методов определения расчетных характеристик или расчетных показателей механических и фильтрационных свойств грунтов в предложенной классификации разделено на ряд таксонов, в первую очередь по качеству результата. Классы в пространственно-временном континууме признаков выделены по соотношению длительности испытания со сроком работы грунта в расчетном процессе (осадка, просадка и др.) и по соотношению испытываемого объема с расчетным объемом основания здания, грунтового массива оползневого склона и тому подобным объемом. Выделено два подкласса: методы прямых и методы косвенных определений расчетных характеристик. Каждый из них может быть разделен на виды по механической схеме испытания, т.е. по закону механики, положенному в основу планирования и обработки эксперимента. Могут быть выделены разновидности по принципиаль-

ным особенностям инструмента (алгоритма), используемого в эксперименте.

Авторы надеются, что предложенная классификация будет полезна, прежде всего, для понимания инженер-геологами сущности, качества и значимости отдельных результатов испытаний грунтов, получаемых на разных этапах инженерно-геологических изысканий многочисленными специальными методами. Классификация представляется также полезной для экспертов, занимающихся экспертизой производственных технических инженерно-геологических отчетов, требующих часто без сущностного обоснования на каждом этапе изысканий неукоснительного соблюдения рекомендаций СП, СНиП и ГОСТов. Ее целесообразно использовать в педагогической работе при изучении инженерной геологии и механики грунтов, а также при разработке заданий на инженерно-геологические изыскания для выбора метода определения расчетных характеристик грунтов.

Допускаем, что предложенная классификация стимулирует развитие наиболее качественных методов получения расчетных характеристик, позволит выявить качество расчетных моделей при использовании показателей разного качества и может также стать базой для принятия на уровне Правительства Москвы или другого города решения о реконструкции и развитии сети мониторинга за осадочными и оползневыми деформациями с целью получения наиболее достоверных региональных расчетных характеристик грунтов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания. М.: КДУ, 2007. 418 с.
2. Дмитриев В.В., Ярг Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов. М.: КДУ, 2008. 542 с.
3. Оценка точности определения водопроницаемости горных пород. М.: Наука, 1971. 150 с.
4. Рац М.В. Неоднородность горных пород и их физических свойств. М.: Наука, 1967. 90 с.
5. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. I. Общие правила производства работ/Госстрой России. М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. 47 с.
6. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. VI. Правила производства геофизических исследований / Госстрой России. М.: ПНИИИС Госстроя России, 2004. 50 с.
7. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01.83\*. М.: Минрегион России, 2011. 162 с.

8. Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты. М.: Недра, 1985. 259 с.
9. Чернышев С.Н. Классификация методов инженерно-геологических исследований горных пород // Матер. научн.-технич. конф.. Апрель 1968. М.: ПНИИС, 1968. 240 с.
5. SP 11-105-97. *Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Chast' I. Obshchie pravila proizvodstva rabot* [Geotechnical survey for construction. Part I. General work rules]. Moscow, PNIIS Gosstroya Rossii, 1997, 47 p. (in Russian).
6. SP 11-105-97. *Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Chast' VI. Pravila proizvodstva geofizicheskikh issledovaniy* [Geotechnical Survey for Construction. Part VI. Rules of geophysical work]. Moscow, PNIIS Gosstroya Rossii, 2004, 50 p. (in Russian).
7. SP 22.13330.2011. *Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.01.83\** [Foundations of Buildings and Structures. Revised edition of SNIp 2.02.01.83\*]. Moscow, Minregion Rossii, 2011, 162 p. (in Russian).
8. *Teoreticheskie osnovy inzhenernoi geologii. Sotsial'no-geologicheskie aspekty* [Theoretical fundamentals of engineering geology. Social and economic aspects]. Moscow, Nedra, 1985, 259 p. (in Russian)
9. Chernyshev, S.N. *Klassifikatsiya metodov inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy gornykh porod*. [Classification of methods in engineering geological research of rocks]. Proc. Sci. and Techn. Conf., April, 1968, Moscow, PNIIS, 1968, 240 p.
1. Bondarik, G.K., Yarg, L.A. *Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya* [Engineering geological survey]. Moscow, Mosk. Gos. Univ., 2007, 418 p. (in Russian)
2. Dmitriev, V.V., Yarg, L.A. *Metody i kachestvo laboratornogo izucheniya gruntov* [Methods and quality of laboratory soil study]. Moscow, KDU, 2008, 542 p. (in Russian)
3. *Otsenka tochnosti opredeleniya vodopronitsaemosti gornykh porod* [Accuracy of rock permeability determination]. Moscow, Nauka, 1971, 150 p. (in Russian).
4. Rats, M.V. *Neodnorodnost' gornykh porod i ikh fizicheskikh svoystv* [Heterogeneity of rocks and rock physical properties]. Moscow, Nauka, 1967, 90 p. (in Russian).

## REFERENCES

## CLASSIFICATION OF METHODS FOR CALCULATING SOIL CHARACTERISTICS

V. V. Dmitriev\*, S. N. Chernyshev\*\*

\* *Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University, ul. Miklukho-Maklaya 23, Moscow, 117485 Russia. E-mail: V.V.Dmitriev@mail.ru*

\*\* *Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoe shosse 26, Moscow, 129337 Russia. E-mail: 9581148@list.ru*

Methods for determining the deformation, strength, and filtration properties are traditionally divided into laboratory, field, and geophysical characteristics. We propose a new classification based on the potential accuracy of the method, which depends on the soil volume used in the experiment and the test duration. The point, volume, and full-volume (massive) methods are distinguished according to the dimensions of the influence area. The short-term (instantaneous), long-term, and full-time (dateless) methods have been distinguished by the influence duration. Combination of two independent classification gives us nine classes. Each method has a double name, i.e., instantaneous point, instantaneous volume, etc. Thus, numerous methods for determining calculation characteristics or (what is the same) calculation parameters of the soil mechanical and filtrational properties in the proposed classification have been divided into several taxons with respect to the result quality. The classes of organo-mineral bodies in the spatial-time continuum of characteristics have been distinguished proceeding from the relationship between the test duration and the soil operation term in the calculation process (subsidence, collapse, etc.) as well as between the tested volume and the calculated volume of a building foundation, soil massif, etc.

The proposed systematization permits extending the knowledge of the essence and quality of the obtained soil characteristics, it stimulates the development of promising methods, and makes it easier to select the methods for planning the survey and exploration and to study these characteristics by specialists and students.

**Keywords:** *soil, soil massif, scale effect, rheology, rock mechanics, laboratory methods, field methods, geophysical methods, geotechnical survey, engineering geological element, design geological element, seepage, foundation analysis.*