

О ТЕОРЕТИЧЕСКОМ БАЗИСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Член-корр. АН АрмССР, проф., докт. техн. наук Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН¹

Реферат. Инженерия геология, возникшая на стыке наук геологического и инженерного циклов, использует теоретический базис обеих дисциплин. Рассматриваются особенности применения теоретического базиса геологии и устанавливается необходимость существенного повышения детальности исследований, разработки новых методов анализа и интерпретации для возможности решения задач инженерной геологии. Теоретический базис инженерных наук—строительной механики, реологии, механики грунтов и скальных пород находит широкое применение в инженерной геологии, однако оно сдерживается невозможностью рассматривать геологические тела как однородные и необходимостью учета истории отложений и истории напряженно-деформированного состояния. Указываются направления предстоящего развития теоретического базиса и методов исследований в инженерной геологии.

Инженерная геология возникла и развилась на глазах нашего поколения. Фонд этой науки сейчас огромен и продолжает быстро увеличиваться. Свидетельством последовательных этапов развития могут служить труды К. Терцаги (1932, 1934), Ф. П. Саваренского (1937, 1939), Н. Н. Маслова (1941, 1957), И. В. Попова (1951, 1959), В. Д. Ломтадзе (1970, 1977, 1978) и Е. М. Сергеева (1978), являющиеся важными вехами прогресса науки.

Хотя рассуждения о сугубо прикладном значении инженерной геологии оказались несостоятельными и этот предмет признали наукой, все же вопрос о теоретической основе инженерной геологии продолжает представлять принципиальный и практический интерес. Никто не возьмется отрицать практической направленности инженерной геологии. Однако если бы было установлено, что она не имеет собственного, ей присущего теоретического базиса и пользуется лишь научным багажом другой науки, то вопрос о самостоятельности этой дисциплины решился бы сам собой.

Под теоретическим базисом науки понимается совокупность концепций, законов, теорий и гипотез, которыми пользуется данная наука; богатство и мощь теоретического базиса определяет глубину разработки вопроса, возможность постановки и решения новых задач, необходимых для дальнейшего теоретического развития данной науки и ее практического приложения. Естественно, что теоретический базис любой науки пополняется за счет общенаучного фонда, созданного фундаментальными науками. Но этот фонд несмотря на его обширность еще очень далек от полноты и кроме того может создавать для отдельных наук только самый общий каркас.

Инженерная геология, вышедшая из недр геологии и относящаяся к циклу геологических наук, полностью использует теоретический базис этой науки. Возникает вопрос, достаточен ли этот базис для инженерной геологии, может ли она решать стоящие перед ней задачи, довольствуясь только этим базисом, или, наоборот, ее задачи требуют

¹ Зав. Лабораторией геомеханики ИГНС АН АрмССР.

развития теории в направлениях, не представляющих интереса для геологии. Иными словами, что мы имеем и что должны иметь для решения задач инженерной геологии в дополнение к теоретическому базису геологии—принципу последовательности напластования слоистых осадочных толщ, принципу необратимости эволюции органического мира, принципу актуализма, согласно которому в сходных условиях геологические процессы протекают сходным образом, и др.

Важное отличие инженерной геологии от геологии заключается в том, что последняя является наукой преимущественно описательной, хотя и опирающейся на результаты разнообразных анализов горных пород, изучение геологических процессов и их эволюции и установление последовательности геологических событий огромной длительности. В своей основе геология является наукой качественной, тогда как инженерная геология призвана служить строительству, технике и поэтому неизбежно должна оперировать количественными представлениями. В большинстве случаев для геологов не представляет интереса состояние пород; указание о том, что известняки трещиноватые или глины переконсолидированные, не вносит больших изменений в геологическую концепцию; в инженерной геологии, наоборот, такие указания имеют принципиально важное значение. Геологи уделяют недостаточное внимание внутриформационным нарушениям, которые часто являются причиной неоправданных предположений о вертикальных движениях; в инженерной геологии анализ внутриформационных нарушений представляет большой теоретический и практический интерес, так как они обычно свидетельствуют о подводных оползнях.

Многие геологи не задумываясь показывают сбросы в горных странах во всех тех случаях, когда недостаточный анализ полученного материала противоречит принятой концепции, хотя причина несоответствия может быть иной, и надлежащее изучение могло бы привести к более правильным палеогеографическим построениям. Наличие или отсутствие «живого» сброса² имеет решающее значение при выборе места расположения арочной плотины или деривационного туннеля; даже «неживой» сброс может сильно затруднить проходку транспортного туннеля.

Другое важное отличие заключается в различной скорости изучаемых процессов, а следовательно и роли времени. В подавляющем большинстве вопросов геологии длительность изучения геологических объектов, и даже длительность человеческой жизни, ничтожна и объект за это время не изменяется, поэтому время изучения может не учитываться. При решении инженерно-геологических задач время изучения часто бывает соизмеримо со временем, в течение которого происходят изменения состояния объекта, и поэтому оно должно учитываться. Отсюда также следует, что при решении большинства вопросов практического приложения геологии, как например, геологии полезных ископаемых, обстановка может рассматриваться как статическая, неизменная, тогда как при решении вопросов приложения инженерной геологии она обычно должна рассматриваться как динамическая, изменяющаяся. Так например, прогноз месторождений полезных ископаемых отражает по существу наши знания об имеющихся запасах полезного ископаемого, тогда как прогноз землетрясений, оползневых явлений или селей должен действительно дать сведения о времени и месте будущих событий.

И наконец, третье важное отличие заключается в возможности

² Имеются в виду тектонически активные нарушения или действующая тектоника,

не учитывать изменения напряженно-деформированного состояния горных пород при решении геологических задач, а следовательно и ограничиваться качественными оценками этой величины. В инженерной геологии это совершенно исключается, так как строительство сопровождается изменениями напряженно-деформированного состояния горных пород и, следовательно, необходимы количественная оценка этой величины и предсказание о ее изменении.

Из этого беглого и вероятно неполного перечня отличий видно, что инженерная геология должна решать свои задачи более точно, более подробно, с учетом напряжений, деформаций и времени, т. е. вести работы на качественно ином уровне. Это ведет к необходимости существенного повышения требований к измерениям, а как известно, от уровня измерений зависит и уровень науки. Сами измерения требуют другой технологии, интерпретация результатов более точных измерений требует разработки ранее неизвестных теоретических концепций и т. д. Все это хорошо известно из истории развития любой фундаментальной и прикладной науки.

Таким образом, если отправляться от геологических истоков инженерной геологии, то дальнейшее развитие этой науки должно идти в направлении большей детальности, дробности, точности и строгости анализа объектов исследований.

Теперь обратимся к другому аспекту научного базиса нашей стыковой науки, так хорошо отразившемуся в ее названии—к инженерному аспекту. Здесь дело обстоит значительно лучше, так как инженерные науки, в частности строительная механика, обладают таким мощным теоретическим базисом, как теория упругости, теория пластичности и теория ползучести. Гидравлика, реология, механика сплошных сред, механика сыпучих тел и многие другие науки с их разработанным математическим аппаратом создают огромный резерв информации и методов, которыми пользуется инженерная геология, откуда она черпает свои концепции и теории, применяемые в расчетах и позволяющие ей давать количественные решения задач. Широкое применение инженерных методов с их математическим арсеналом настолько естественно для технического мышления, что порой должны быть поставлены заслоны; из них самым важным является понимание неоднородности геологических тел, тогда как инженер имеет дело с однородными материалами (металл, бетон, камень, дерево, пластмасса и др.), свойства которых можно заранее задавать, подбирать или проектировать. Среди наук инженерного цикла, привлекаемых к решению инженерно-геологических задач, наиболее важное место занимают механика грунтов, реология, механика скальных пород и гидравлика. Эти науки, изучающие механику реальных сред, существенно отличаются от теоретической механики (статика, кинематика, динамика), не знающей качества. Однако и эти науки ввиду трудности математического анализа в значительной мере абстрагировались, поскольку они рассматривают идеализированные тела: грунт, скальную породу, воду, свойства которых четко определены и отличны от свойств природных тел.

Самым важным источником этих отличий, и следовательно причиной известных неудач с применением этих наук, в частности механики грунтов, является сложная и недостаточно изученная геологическая история грунтовых отложений. Увлечение механикой грунтов с углублением в математическую сторону вопроса имело своим следствием пренебрежение геологическими особенностями. Поэтому проф. К. Терцаги (1973), читавший в Гарвардском университете курс инженерной

геологии, рассматривал ее как противоядие от механики грунтов и соответственно излагал этот курс.

Несмотря на это механика грунтов имеет ряд безусловно важных достижений и очень интенсивно разработанный теоретический аппарат, применение которого для инженерной геологии чрезвычайно ценно. Здесь следует прежде всего указать на принцип эффективных напряжений, законы консолидации, гидравлической проницаемости и прочности грунтов, принцип однородности распределения напряжения по сечению грунта и др. Механика грунтов продолжает быстро развиваться в двух направлениях: 1) разрабатывается механика частных видов грунтов (просадочных, набухающих, мерзлых, сыпучих, полускальных, заторфованных, мягких илов и др.) и 2) разрабатываются новые принципы науки (механика критических состояний грунта, вероятностная механика грунтов и т. д.).

Исследования геологической истории отложений чрезвычайно важны. Речь идет не о качественном описании событий в порядке их чередования, а о количественной оценке величины, длительности и условий действия тех или иных факторов. Одним из известных методов является установление геологической истории отложений путем изучения компрессионных кривых, полученных при испытании ненарушенных образцов грунта для определения величины наибольшего действовавшего ранее давления покрывающей толщи и степени переконсолидации глин. Однако для полноценного установления геологической истории отложений этих сведений недостаточно. Действительно, если литификация глинистого отложения произошла во время действия наибольшего давления, то в жестких связях окажется замкнутой большая величина энергии деформирования, если же этот процесс произошел после размыва большей части покрывающей толщи, то величина замкнутой энергии будет меньше. Соответственно различной окажется и величина восстанавливаемой энергии деформирования при ее высвобождении вследствие выветривания и разрушения жестких связей. Перечень таких задач можно было бы продолжить, однако сказанного достаточно, чтобы убедиться, какое большое количество важнейших исследовательских задач стоит перед инженерной геологией, каким мощным и разнообразным должен быть ее методологический аппарат и каким должен сделаться ее теоретический базис в не очень отдаленном будущем.

Большое развитие в наши дни получают два направления на стыке механики грунтов и инженерной геологии: 1) изучение прочностных характеристик грунтов (определение степени размягчения в реологическом смысле при деформировании, величин пикового и остаточного сопротивлений сдвигу грунтов, их чувствительности, величины восстанавливаемой энергии деформирования, высвобождаемой при выветривании и др.) и 2) изучение реологических свойств грунтов (ползучести, релаксации и длительной прочности) для определения их поведения во времени.

Очень интересные и разнообразные задачи должны решаться грунтоведением—одним из важных разделов инженерной геологии, получившим особое развитие в нашей стране. Ближайшие задачи грунтоведения, решение которых существенно для дальнейшего развития инженерной геологии, достаточно полно изложены в труде акад. Е. М. Сергеева (1973), шкала которого внесла большой вклад в развитие этой науки.

В противоположность грунтоведению значительно отстает гидрогеология в решении инженерно-геологических задач. По существу, инженер-геологи имеют в своем распоряжении решение сравнительно не-

большого количества гидрогеологических задач, относящихся главным образом к равнинным областям. Здесь обычно целью исследований является получение воды и поэтому рассматриваются горизонты подземных вод, их связь, водообильность, гидравлическая проницаемость, движение грунтовых и подземных вод и т. д. Совершенно другие задачи должны решаться для установления гидрогеологических условий пологих, карста, вечной мерзлоты, болот, глубоких котлованов и др.

Точно так же в противоположность механике грунтов явно отстающей представляется механика скальных пород. Принципы механики скальных пород еще недостаточно четко сформулированы, и здесь предстоит большая работа. Дело, конечно, не в том, что скальные породы обладают загадочными, еще не раскрытыми свойствами, а попросту в размере обломков; они соизмеримы с нашей аппаратурой, с вышками, и даже с нашими сооружениями. Вероятно, такие же трудности пришлось бы встретить муравьям, если бы они занялись механикой сыпучих тел.

Внедрение технических наук в инженерную геологию очень плодотворно. Достаточно указать некоторые теории и методы, которые возникли в результате сочетания геологического и инженерного мышления, — метод расчета устойчивости склонов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения, установление геологической истории напряжений по компрессионным кривым, теория бокового распространения деформации склонов при высвобождении замкнутой энергии и др.

Новым и чрезвычайно важным направлением инженерной геологии является анализ влияния, оказываемого технической деятельностью человека на окружающую среду. Это направление зародилось в нашей стране благодаря работам акад. Е. М. Сергеева и его учеников (1981). Изданный ими недавно труд имеет большое значение как с точки зрения дальнейшего развития инженерной геологии, так и для охраны природы, геологической среды от неразумной технической деятельности.

Выводы

1. Теоретическим базисом инженерной геологии являются основные принципы геологии (последовательность напластований, необратимость эволюции, актуализм), строительной механики (принципы независимости действия сил, однородность распределения напряжений, теории упругости, пластичности, ползучести), механики грунтов (принцип эффективных напряжений, законы консолидации, гидравлической проницаемости, прочности) и реологии (теория кинетических процессов).

2. Инженерно-геологические исследования с широким использованием принципов, методов и теории наук инженерного цикла и при применении более точных измерений и детального анализа дают качественно новые результаты, обогащающие инженерную геологию, позволяющие решать практические задачи и прогнозировать поведение систем «геологическая среда и сооружение».

3. При использовании методов и выводов наук инженерного цикла в инженерной геологии должна учитываться сложность геологической истории грунтовых отложений и большая неоднородность геологических тел; пренебрежение этими особенностями может явиться источником серьезных ошибок. Поэтому ведущим началом в инженерной геологии является геологическая концепция, к изучению которой и привлекаются инженерные науки.

ԻՆՓԵՆԵՐԱԿԱՆ ԵՐԿՐԱՐԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԲԱԶԻՍԻ ՄԱՍԻՆ

ՀՄՍՀ ԳԱ ԲԳԲ. անգամ, պրոֆեսոր, տեխն. գիտ. դոկտոր Գեորգ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆԻԱՆ՝

Ինֆերա—ինժեներական երկրաբանությունը, որը ծագել է երկրաբանական և ինժեներական գիտությունների համակցման վրա, օգտագործում է այդ երկու գիտությունների ցիկլների տեսական հիմքերը: Գիտարկվում է երկրաբանության տեսական բաղիսի կիրառման տեսանկյունից հատկությունները և հիմնավորում հետազոտության մանրամասնության էական բարձրացման անհրաժեշտությունը, վերլուծման և մեկնաբանման նոր մեթոդների մշակումը՝ ինժեներական երկրաբանության խնդիրների լուծման համար: Ինժեներական գիտությունների՝ շինարարական մեխանիկայի, ռելոգիայի, զրոնտների և ժալայի ապոնների մեխանիկայի տեսական հիմքը մեծ կիրառում է գտնում ինժեներական երկրաբանության մեջ: Սակայն այդ կիրառությունը սահմանափակվում է երկրաբանական մարմինները որպես համասեռ մարմին դիտելու անհրաժեշտությամբ և նստվածքների ու լարված-դեֆորմացված վիճակի պատմության հաշվի առնելու անհրաժեշտությամբ: Տույց են տրվում նշված ինժեներական երկրաբանության տեսական բաղիսի և հետազոտման մեթոդների առաջիկա զարգացման ուղղությունները:

ON THEORETICAL BASIS OF ENGINEERING GEOLOGY

GEORGE TER-STEPANIAN², Prof., Dr. Sc. (Eng.), Corr. Mem. Armen. Ac. Sc.

Sinopsis. The engineering geology formed in the joint of geological and engineering sciences uses the theoretical bases of both disciplines. Features of application of the theoretical basis of the geology are considered, and the need of the essential expansion of the detailed investigations, the working out of the new methods of analysis and interpretation for the solution of the geological and engineering problems are emphasized. The theoretical basis of the engineering sciences, i. e. the structural mechanics, the rheology, the soil and rock mechanics finds a wide application in the engineering geology. This approach is restrained however by the impossibility to consider the geological bodies as homogeneous ones and by the necessity to take into account the deposition history and the stress-strain state history as well. The trends of the forthcoming development of the theoretical basis and the investigation methods in the engineering geology are shown.

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ—ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

- Ломтадзе В. Д. 1970, 1977, 1978. Инженерная геология. (Инженерная петрология, 1970; Инженерная геодинамика, 1977; Специальная инженерная геология, 1978). Л., Недра.
- Маслов Н. Н. 1941. Инженерная геология (основы геотехники). М., Госстройиздат; 2-е изд., 1957.
- Попов Н. В. 1951. Инженерная геология. М., Госгеоллиздат; 2-е изд., Изд. МГУ, 1959.
- Саваренский Ф. П. 1932. Инженерная геология. ГОНТИ; 2-е изд., 1939.
- Сергеев Е. М., под ред. 1973. Грунтоведение. Изд. 4-е. Изд. МГУ.
- Сергеев Е. М. 1978. Инженерная геология, Изд. МГУ.
- Сергеев Е. М., под ред. 1981. Инженерно-геологические аспекты рационального использования и охраны геологической среды. М., Наука.
- Терцаги К. 1932. Инженерная геология. Горгеолнефтеиздат, 2-е изд., 1934.
- Терцаги К. 1973. Прошлое и будущее прикладной механики грунтов.—Проблемы геомеханики. Ереван, № 6, с. 1—25.

¹ ՀՄՍՀ ԳԱ ԳԻՍԻ գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի վարիչ:

² Head, Laboratory of Geomechanics IGES Armen. Ac. Sc.