

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА¹

Член-корр. АН АрмССР, проф., докт. техн. наук Г.И. ТЕР-СТЕПАНЯН²
канд. геол.-минерал. наук А. П. АРАКЕЛЯН³

Реферат. Сравнение масштабов и степени детальности геологического и инженерно-геологического картирования показывает, что в последнем случае предъявляются более высокие требования. Необходимо развивать новые направления науки с целью решения инженерно-геологических проблем для гидротехнического строительства в горных складчатых странах. Должны быть разработаны методы крупномасштабных исследований с целью установления механизма инженерно-геологических процессов и оптимизации истории развития рельефа. Они необходимы для предсказания поведения гидротехнических сооружений в измененных гидрогеологических условиях и для принятия правильных инженерных решений. В качестве примера применения этих положений приводятся результаты инженерно-геологических исследований на створе Ереванской гидроэлектростанции.

Геология сделала качественный скачок и превратилась в быстро развивающуюся науку после того, как в 1790 г. английский инженер У. Смит установил возможность разделять слои земной коры по возрасту на основании сохранившихся в них остатков древней фауны и флоры. Как известно, это в дальнейшем вызвало возникновение и бурное развитие таких наук, как палеонтология, стратиграфия, тектоника, историческая геология и палеогеография. До того геология накапливала главным образом сведения в духе «где и что», теперь сделалось возможным отвечать и на такие вопросы, как «почему и как». На этих общезвестных истинах можно не задерживаться.

Анализ современного состояния инженерной геологии с этой исторической позиции показывает, что мы находимся на довольно раннем этапе. Правда, все достижения и данные геологии к услугам инженер-геологов. Каждый инженерно-геологический отчет содержит взятые из геологической литературы сведения о возрасте отложений, размыве, о смене условий осадконакопления, о фациальных соотношениях и т. д.

Однако масштаб и требуемая степень детализации исследований при геологической съемке или при поисках полезных ископаемых и инженерно-геологических изысканиях для гидротехнических сооружений в складчатых областях существенно различны. Геологические карты в масштабе 1 : 50 000 и 1 : 25 000 считаются крупномасштабными, а инженерно-геологические карты таких областей в этом масштабе мало полезны; они должны быть в масштабе 1:5000 или 1:2000, чтобы считаться крупномасштабными, т. е. их масштаб должен быть на целый порядок выше. Соответственно этому в геологических картах стратиграфи-

¹ Доклад на Международном симпозиуме «Проблемы инженерной геологии в гидротехническом строительстве», созванном Международной ассоциацией по инженерной геологии в Тбилиси в сентябре 1979 г. (Ter-Stepanian, Arakelian, 1980).

² Зав. Лабораторией геомеханики ИГИС АН АрмССР.

³ Старший науч. сотр. Лаборатории геомеханики ИГИС АН АрмССР.

ческие подразделения (обычно доведенные до систем и ярусов, редко до свит) оказываются недостаточно детальными, а литолого-петрографическая характеристика (например, песчано-глинистые отложения, известняки и доломиты, граниты и т. д.) более грубой. Инженерно-геологические карты требуют значительно более подробных подразделений.

В палеогеографических построениях геологи удовлетворяются такими характеристиками, как седиментация в сублитеральных или батинальных условиях, или такой информацией, как размыв мощной толщи осадков. Для инженер-геологов необходимы более точные сведения о фациальных условиях осадконакопления. Так, для геологов достаточно указания о том, что отложение послеледниковых глин по окраинам скандинавского или канадского щитов происходило в морских условиях. Адекватный инженерно-геологический анализ требует также сведений о том, что, например, седиментация в морских условиях вызвала образование глин с соленоводным типом структуры, а после поднятия щита произошло выщелачивание солей грунтовыми водами и глина перешла в метастабильное состояние (Rosenquist, 1953), способствующее образованию оползней в высокочувствительных плавучих глинах, как-то: глины Драммен в Норвегии, нольдиевые глины в Карелии или глины Леда в Канаде. Геологи не придают достаточного значения изучению внутриформационных нарушений, в особенности мелких, хотя эти нарушения усложняют анализ геологического строения и часто служат для неоправданных предположений о вертикальных движениях. Наоборот, анализ внутриформационных нарушений имеет большое значение в инженерной геологии, так как они часто вызываются подводными оползнями.

Достаточно ярким примером различного уровня задач геологии и инженерной геологии являются второстепенные детали геологического строения, которые не могут быть выявлены даже при самом тщательном обследовании или бурении сетки скважин обычной густоты. Такими деталями являются точное положение и различная ширина трещин в скальных породах, форма и местные небольшие изменения гидравлической проницаемости (водопроницаемости) вторичных прослоек — гравия и грубозернистого песка в аллювиальных отложениях (Terzaghi, 1929).

Эти второстепенные детали геологического строения, равно как и местные изменения трещиноватости переконсолидированных глин и известняков, деградированности лессов и лессовидных суглинков вследствие увлажнения, нарушение непрерывности песчаных прослоев в ленточных глинах, выщелачивание высокочувствительных морских глин, накопление энергии деформирования в связях переконсолидированных глин (Бьеррум, 1976) и многие другие особенности могут не иметь никакого значения для оценки геологической обстановки, но оказываются чрезвычайно важными для установления инженерно-геологических условий.

Поэтому сведения, получаемые из отчетов о региональных геологических исследованиях или литературных источников, необходимы, но совершенно недостаточны для суждения о деталях инженерно-геологической обстановки. Отсюда следует, что в сложной геологической обстановке должны делаться обширные и детальные исследования строения горных пород, их механических свойств и истории развития рельефа; они представляют собой инженерно-геологические работы в широком понимании этого термина. Эти работы могут состоять в детальном расчленении осадочной и эффузивной толщ и построении дифференцированной стратиграфической колонки, детальном установлении

положения малых структур, детальном выяснении палеогеографии небольших районов, детальном анализе геоморфологических условий, детальном определении гидрогеологической обстановки и ее изменений во времени и т. д.

Важность этих работ будет иллюстрирована ниже на примере сооружения Ереванской гидростанции на р. Раздан в Армении. Из предыдущих геологических исследований было известно, что район имеет сложное геологическое строение. Его разрез слагают снизу вверх: соленосная, дислоцированная гипсоносная и слоистая песчано-глинистая толща, покрытые чередованием эффузивных образований и озерно-речных отложений.

Исследования, проектирование и строительство были проведены в соответствии с существующими техническими требованиями. Тем не менее, во время строительства произошли оползни, в кровле деривационного туннеля произошел обвал, из-за оползней водохранилище загромождается до более низкого уровня, а в обделке туннеля постоянно возобновляются деформации. Обнаруженная в ходе инженерно-геологических работ сильная дислоцированность осадочных пород, многочисленные трещины, зоны смятия и внедренные крупные блоки загипсованных пород в глины оставались необъясненными. Повторный анализ исследовательских материалов и новое изучение привели к выводам, что существенно отличающимся от первоначальных (Аракелян, Тер-Степанян, 1970).

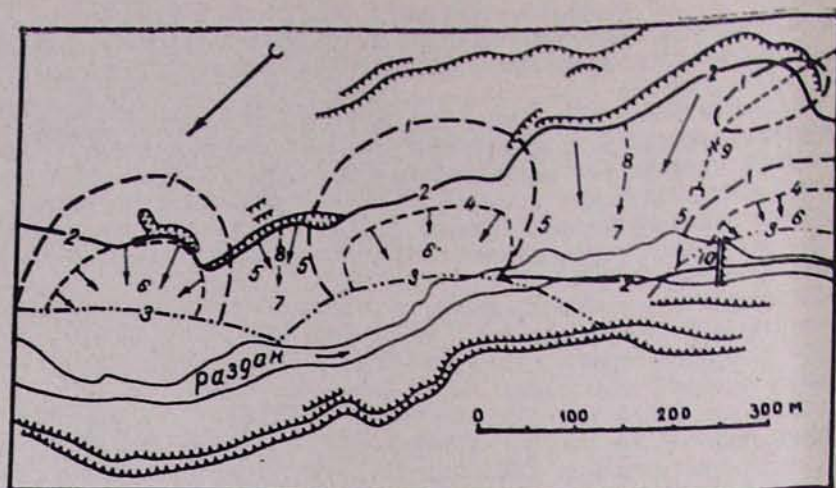
Детальное расчленение пород позволило выделить 13 слоев осадочных пород и 6 горизонтов эффузивных образований и озерно-речных отложений. Были выделены структурные микроэтажи пород и установлена микроструктура участка. Четыре небольших соляных купола расположены по периферии крупного солянокупольного поднятия (рисунок). Вулканическая деятельность в верхнем плиоцене сопровождалась сильными землетрясениями, вызвавшими оползни на склонах куполов; лавы залили местность несколькими потоками и погребли под собой оползни. Вследствие различного давления, оказываемого весом покрывающих пород, действующего на купола и межкупольные понижения, развилась соляная тектоника. Ее результатом явилось перемещение осадочных пород, трещиноватость лав и т. д. На коротком участке ущелья оказалось возможным выделить одиннадцать типов гидрогеологических поперечников. Современная гидрогеологическая обстановка определяется подземным рельефом осадочных пород: наличием соляных куполов, межкупольных пространств, различными фильтрационными свойствами лав и озерно-речных отложений и различной глубиной вреза реки.

Выяснение механизма погребенных оползней и их дальнейшая история позволили понять механизм современных оползней; плоскостная глубинная ползучесть и оползни развиваются на внешних крыльях куполов, а на размываемых поднятиях и сводах куполов развиваются врашательная глубинная ползучесть и оползни.

Деривационный туннель был трассирован без учета существования куполов и пересек один из них по оси. Во время строительства кровля туннеля обрушилась над краем купола; позже в обделке готового туннеля на этом же месте стали развиваться деформации.

Своевременное знание этих особенностей геологического строения позволило бы избежать этих деформаций, если бы туннель был трассирован по межкупольным понижениям. Точно так же в ряде случаев можно было бы избежать современных оползней.

Из сказанного следует, что для успешности анализа инженерно-



Соотношения между соляной тектоникой и инженерно-геологическими условиями водохранилища в ущелье р. Раздан.

1—контуры соляных куполов; 2—край подошвы лавового плато; 3—стенка отрыва верхнеплиоценового погребенного оползня; 4—размытый свод соляного купола; 5—современная глубинная ползучесть и оползни на склонах куполов; 6—то же на сводах соляных куполов; 7—оползни над межкупольными понижениями, вызванные фильтрационными силами; 8—потоки грунтовых вод; 9—обрушение кровли и деформации деривационного туннеля; 10—плотина.

Հազդան գետի կիցում ջրամբարի ինժեներա-գեոլոգիական պայմանների և տեղանքի աղային տեկտոնիկայի միջև եղած կապը:

1—աղային գմբեթների սահմանագծերը, 2—լավային սարահարթի հիմքի եզրը, 3—վերին պլիոցենյան թաղված սողանքի կտրման պատը, 4—աղային գմբեթի լվացված վերնամասը, 5—գմբեթների լանջերի վրա ժամանակակից խորրային սողը և սողանքները, 6—նույնը՝ աղային գմբեթների վերնամասերում, 7—միջգմբեթային իջեցումներում ծծացման ուժերից առաջացած սողանքներ, 8—գետնաջրերի հոսքեր, 9—տանիքի փլուժ և դերիվացիոն թունելի ձևափոխություն, 10—ամբարտակ:

Relation between salt tectonics and engineering geological conditions of a water reservoir in the Hrazdan river canyon, Armenia.

1—contours of salt domes; 2—edge of the lava plateau bottom; 3—main scarps of the Upper-Pliocene buried landslides; 4—eroded arches of salt domes; 5—recent depth creep and landslides on dome slopes; 6—ditto on arches of salt domes; 7—landslides on rim symclines caused by seepage forces; 8—ground water flow; 9—deformation and collapse of roof of the diversion tunnel; 10—dam.

геологической обстановки в сложных природных условиях, и в частности, в молодых горных странах, необходима разработка методики детальных крупномасштабных исследований небольших в плане участков строительства в ряде направлений, которые параллелизуются с мелкомасштабными работами на больших территориях, проводимыми геологами. Чтобы не вводить новых терминов и, с другой стороны, чтобы не было смешения понятий, для обозначения предлагаемых детальных исследований можно присоединить слово «микро» к известным геологическим терминам.

Микростратиграфия. Расчленение толщ, в частности четвертичных отложений, на слои, отличающиеся по совокупности литологических,

петрографических, минералогических, микрофаунистических и палинологических признаков.

Микротектоника. Изучение структур, образованных детально выделенными слоями, и выяснение характера движений, перемещений и деформаций.

Микропалеогеография. Установление истории развития рельефа на малых площадях, объяснение происхождения малых форм для предсказания их поведения в измененных гидрогеологических условиях.

Инженерная геология нуждается также в широком применении механики грунтов, которая может дать важную информацию относительно состояния и поведения грунтов, как-то:

геологическая история глин—изучение компрессионных кривых для ненарушенных образцов грунта для определения наибольшего действовавшего ранее давления покрывающей толщи и отсюда—степени перекомсолидации глин;

прочностные характеристики грунта—изучение степени размягчения при деформировании, пикового и остаточного сопротивления грунтов, их чувствительности и т. д.;

реологические характеристики грунта—изучение ползучести, релаксации и длительной прочности для определения их поведения во времени.

Естественно, что сказанное не исчерпывает всех задач инженерной геологии, решение которых уменьшит степень неопределенности практических рекомендаций. Однако необходимость их решения очевидна.

ՀԻՊՈՏԵՆԵՆԻԿԱԿԱՆ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ԻՆՅԵՆԵՐԱԿԱՆ ԵՐԿՐԱՐԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԳԱ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՐՑԵՐԻ

ՀՍՍՀ ԳԱ ԲՈՐ. առլ., պրոֆեսոր, տեխն. գիտ. դոկտոր ԿՆՈՐԳ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ²,
Երկրաբանական հանգային գիտ. բեկեմաժու ԱՆԱՀԻՏ ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ³

Թեֆիւտ — երկրաբանական և ինժեներաերկրաբանական բարտեղադրման մասշտաբների և մանրամասման աստիճանի համեմատումը ջուլց է տալիս, որ վերջին դեպքում ներկայացվում են ալելի բարձր պահանջներ: Երկտասարդ ծալքավոր երկրներում հիդրոտեխնիկական շինարարության համար ինժեներաերկրաբանական պրոբլեմների լուծման նպատակով անհրաժեշտ է զարգացնել գիտության նոր ուղղություններ: Պետք է մշակվեն խոշոր մասշտաբային հետազոտությունների եղանակներ ինժեներաերկրաբանական ընթացքների և ռելիեֆի զարգացման պատմության որոշման նպատակով: Դրանք անհրաժեշտ են փոփոխված հիդրոերկրաբանական պայմաններում հիդրոտեխնիկական կառույցների վարքի կանխագուշակման և ինժեներական ճշգրիտ որոշումներ ընդունելու համար: Որպես այս ոլորտների կիրառման օրինակ բերվում են երևանյան հիդրոկայանի ինժեներաերկրաբանական հետազոտությունների արդյունքները:

¹ Զեկուցումը ներկայացված է ինժեներական երկրաբանության միջազգային ասոցիացիայի կողմից 1979 թ. սեպտեմբերին Քրիլիսիում կազմակերպած «Ինժեներաերկրաբանական պրոբլեմները հիդրոտեխնիկական շինարարության մեջ» միջազգային սիմպոզիումին (Ter-Stepanian, Arakellian, 1980):

² ՀՍՍՀ ԳԱ ԳԻՄԻ Գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի վարիչ:

³ ՀՍՍՀ ԳԱ ԳԻՄԻ Գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի ավագ գիտ. աշխատող:

SOME PROBLEMS OF FURTHER DEVELOPMENT OF ENGINEERING GEOLOGY FOR HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION¹

GEORGE TER-STEPANIAN², Prof., Dr. Sc. (Eng.), Corr. Mem. Armen. Ac. Sc.,
ANAHIT ARAKELIAN³, Cand. Sc. (Geol. Miner.).

Synopsis. Comparison of the scale and the accuracy degree of geological and engineering geological mapping show higher requirements in the last case. Theoretical fundamentals of engineering geology for adequate decisions in the young faulted areas should be developed. Methods of large scale investigations aimed at establishing the mechanism of engineering geological processes and determining the history of relief development should be worked out. They are necessary for forecasting the behaviour of hydrotechnical structures in changed conditions and for taking the adequate engineering measures. Results of engineering geological investigations carried out on a dam site are adduced.

ԳԻՏԱՆՈՒԹՅՈՒՆ—ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

- Аракелян А. П., Тер-Степанян Г. И. 1970. Механизм погребенных оползней верхнеплиоценового времени, связанных с соляной тектоникой.—Проблемы геомеханики, Ереван, № 3, с. 82—133.
- Бьеррум Л. 1976. Прогрессирующее разрушение склонов в переконсолидированных пластичных глинах и глинистых сланцах.—Проблемы геомеханики, Ереван, № 7, с. 50—98.
- Rosenqvist I. Th. 1953. Consideration on the stability of Norwegian quick-clays.—*Geotechnique*, v. 3, № 5, p. 195—200; Norwegian Geotechnical Institute publ. 2.
- Ter-Stepanian G., Arakelian A., 1980. Some problems of further development of engineering geology for hydrotechnical construction.—*Bull., Intern. Assoc. Eng. Geol.*, Krefeld, No. 21, p. 222—224.
- Terzaghi K. 1929. Effect of minor geological details on the safety of dams.—*American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, Technical Publ., № 215, p. 31—44.

¹ Paper presented to the International Symposium on "Problems of engineering geology in hydrotechnical construction" held in Tbilisi in September 1979, (Ter-Stepanian, Arakelian, 1980).

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

³ Senior Scientific Worker, Laboratory of Geomechanics IGES, Arm. Ac. Sc.