

IGC F0/G0

## О БУДУЩЕМ МЕХАНИКИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД<sup>1</sup>

Проф., докт.-инж., почетный член Австрийской Академии наук  
ЛЕОПОЛЬД МЮЛЛЕР<sup>2</sup>

*Реферат.* В механике скальных пород после бурного развития в начальном периоде стал наблюдаться спад. Основная причина этого — раздельное развитие теории и практики, отсутствие связи между исследованием, проектированием и строительством и, кроме того, недостаточное использование данных инженерной геологии.

### ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К РУССКОМУ ПЕРЕВОДУ

В нижеследующих заметках рассматриваются мотивы, побудившие автора обратиться к теме «О будущем механики скальных пород», в течение многих десятилетий определявшей его университетскую деятельность, в которой основное внимание уделяется приложению механики скальных пород к практическим вопросам гражданского строительства и горного дела. Они не содержат конкретных предложений, и читатель может почувствовать, что идеи изложены здесь очень обобщенно, возможно, слишком обобщенно. Однако развитие многих наук, на мой взгляд, страдает оттого, что ученые ориентируются очень односторонне на единственную актуальную проблему и недостаточно размышляют о практическом применении результатов их научной работы, а также ее последствиях для технологии, культуры и человеческой жизни. Поэтому создается впечатление, что некоторые науки подобны кораблю, влекомому мощными машинами, но не имеющими руля.

Я хочу сердечно поблагодарить моего высокоуважаемого коллегу и старого друга, профессора Георгия Тер-Степаняна, взявшего на себя труд перевести мою статью на русский язык, с которым меня связывает общность взглядов на множество принципиальных научных и общечеловеческих вопросов. Я очень рад тому, что мысли, содержащиеся в этой статье, получают распространение среди людей, говорящих по-русски.

Леопольд Мюллер

Декабрь 1985

Сравнивая уровень знаний в области механики скальных пород в 1964 г., в период основания нашего общества, с нынешним, мы можем гордиться достигнутым. Мы добились больших успехов, было сделано много новых открытий. Если, с другой стороны, сопоставить крупные работы в скальных породах, которые проводились при стро-

<sup>1</sup> Пер. с англ. Л. Н. Багдасаряна под ред. проф. Г. И. Тер-Степаняна.

<sup>2</sup> Почетный профессор университетов в Карлсруэ и Зальцбурге, основатель и первый президент Международного общества по механике скальных пород (1966—1970), Зальцбург, Австрия.



отдельстве железной дороги в Альпах и Скалистых горах, с сегодняшней практикой строительства в скальных породах, мы не можем быть удовлетворены в той же степени. Дело в том, что крайне сложные ситуации в те времена преодолевались с необычайным мастерством, к тому же без механики грунтов, без механики скальных пород и даже без инженерной геологии. Приходится признать, что работы, ведущиеся в наше время, не всегда выполнены лучше и с большей гарантией, несмотря на широкое применение достижений науки. Ведь имели же место в последнее время несколько сенсационных обрушений, которые только в некоторой степени могут быть объяснены увеличением размеров сооружений и связанными с этим трудностями.

Со своей стороны должен откровенно признаться, что я разочарован некоторыми аспектами развития механики скальных пород. Так как они напоминают мне о глубоком сожалении, испытанном Терцаги в конце жизни по поводу состояния механики грунтов. То же самое касается публикаций, что и является причиной моего отъезда от редакторства журнала «Механика скальных пород». Я бы даже сказал, что некоторые направления почти не способствуют развитию науки. Какие имеются основания для этого?

Основной причиной, по моему мнению, является то, что в большинстве стран теория и практика, исследования и их внедрение развиваются независимо друг от друга, и связь между ними очень мала. Просто удивительно, сколько многие инженеры-строители, более того, многие проектировщики за чертежной доской не знают или, если знают, не учитывают. Можно привести примеры того, как десятки миллионов долларов были попусту растрочены только потому, что в процессе проектирования и строительства недостаточно были учтены результаты научных исследований. Большинство исследователей и теоретиков никогда не принимали участия в строительстве в скальных породах. Многие из них полагают, что имеют практику, понимая под этим сотрудничество при расчетах или консультации, однако они в действительности никогда не сталкивались со скальной породой на строительной площадке и смотрят на грязную работу на стройплощадке свысока, с таким же высокомерием, с каким многие практики считают себя вправе смотреть на теоретиков.

Даже темы исследований редко вытекают из потребностей практики. Их выбирают исходя из того, что можно рассчитать наиболее точно, что можно сформулировать наиболее ясно и что можно обследовать преимущественно в лаборатории и с помощью ЭВМ. Соответствующие результаты многих исследований оказываются довольно гипотетическими и представляют лишь академический интерес. Они часто вытекают из чересчур идеализированных и схематизированных математических моделей, в противоположность природе, и часто восхищаются элегантностью сложнейших расчетов, в то время как о проблематичности входных данных и их представительности почти ничего не говорится, хотя именно это и обесценивает весь их блеск.

Создается впечатление, что многие ученые забывают о том, что механика скальных пород не является абсолютной наукой, содержащей в самой себе свое значение, подобно физике, математике или логике. Механика скальных пород должна быть не чем иным как систематизацией всех теоретических основ, которые могут быть полезным орудием в инженерной практике. Их цель — давать указания, как обращаться со скальной породой, чтобы она реагировала на наше вмешательство без непредвиденных последствий, а также содержать инфе-



трукции для инженера о том, как работать не против природы, а в согласии с ней.

Практики в свою очередь часто недостаточно интересуются исследовательской работой и даже не пользуются результатами, которые могли бы оказаться полезными. Причина этого частично заключается в том, что результаты исследований не доводятся до практиков (сам будучи практиком, я думаю то же самое об инженерах-проектировщиках); частично это происходит вследствие того, что многие результаты исследований не настолько разработаны, чтобы годиться для применения.

Одной из основных причин существования огромной пропасти между теорией и практикой, как мне кажется, является тот факт, что большинство элементарных выводов в механике скальных пород, иллюстрирующих фундаментальное поведение скальной породы, более не признаются. Однако эти элементарные законы природы являются наиболее важными в теории и практике строительства в скальных породах. Эти проблемы наиболее ясно осознаются теми, кто занимается теоретической геомеханикой и строительством в скальных породах одновременно и кто бывает вынужден сотрудничать с заказчиком и инженерами-строителями. Очень важно знать, как скальные массы реагируют на техническое воздействие и почему они ведут себя так, а не иначе. Это знание является предварительным условием эффективности всех расчетов. Инженер, ведущий строительство в скальной породе, должен знать свой строительный материал—скальную массу, как архитектор должен знать свой материал. Для первого поколения ученых, занимающихся механикой скальной породы, основы поведения скальной массы, открытые шаг за шагом, были неожиданными, небывалыми и поэтому действительно удивительными. Им всегда придавалось большое значение при проектировании и строительстве сооружений на скальной породе. Однако для молодых поколений эти сведения не являются более новыми, удивительными и привлекательными благодаря своей новизне; о них можно прочесть в учебниках, не во всех, но в лучших, можно услышать на лекциях. Не считается предосудительным, если при расчетах, проектировании и строительстве они не выносятся на первый план. Последующее же развитие геомеханики вызывает интерес и находится в центре внимания; входят в моду методы расчетов, системы классификации, характеристики и т. д. Что касается методов расчетов, то благодаря им открываются новые возможности, способствующие развитию науки. Характеристики также имеют определенное значение, однако симпатии к ним не обоснованы ни математически, ни физически, ни логически; они вызваны надеждой получить, наконец, простую систему поддающихся количественному определению положений, которая, возможно, будет в состоянии объяснить сложную природу явлений.

К сожалению, не похоже, чтобы на конгрессах и конференциях интерес инженеров привлекался к забытым ныне основным элементам механики скальных пород. На этих конгрессах можно получить информацию о последних новшествах, о некоторых проблемах, которые могут быть разрешены при допущении претенциозно упрощенных теоретических формулировок и связей, но которые на самом деле обладают сложной природой, одним словом, о математической, соответственно, научной сверхструктуре геомеханики. На конференциях почти не бывает возможности напомнить об основах геомеханики, так как докладчиков интересуют больше разговоры о результатах новых исследований, чем обсуждение ее основ, уже преданных забвению. Создается



ощущение, что на конгрессах и в журналах всячески избегают касаться случаев из практики. В довершение на конгрессах не всегда устанавливается очевидная драматичность некоторых решений, так как она связана с проблемой исходных данных и геологических ситуаций, которые с трудом могут быть введены в концепцию моделей. Участников конгресса обычно только информируют, насколько точным было планирование и насколько точно были реализованы планы, и уверяют, что все идет как нельзя лучше. У обработанного таким образом участия конгресса мало шансов приблизиться к истинному процессу познания, который эмпирически всегда опирается на неудачи и ошибки, так как мы учились и до сих пор учимся на них. Неудивительно, что подрастающее поколение не осознает как раз того, на чем главным образом и основывается созидательная работа инженера и проектировщика, т. е. всего того, что никогда не может быть определено количественно и тем не менее весьма важно, что не может быть осознано только умом и тем не менее должно быть признано.

Подведем итоги: конгрессы и конференции следует проводить более живо, не как форум только для ученых, на котором зачитываются доклады об удачах, а как мероприятие, служащее накоплению знаний и опыта, для всех, кто связан со скальной породой. Но для этого, конечно, нужно организовать наши конференции совершенно иначе.

Я говорил о большой важности основных элементов. Они элементарны, но вовсе не просты, так как скальная масса является наиболее сложным строительным материалом. Многие расчеты (например, склонов) оказываются совершенно неудовлетворительными, поскольку чересчур упрощенные арифметические проблемы не соответствуют сложности материала. Еще хуже, когда арифметическая модель, заимствованная из механики грунтов (например, идея круглоцилиндрической поверхности скольжения), сталкивается с материалом совершенно иного характера.

Одной из характеристик скальной массы является ее своеобразная реакция на боковые ограничения. Только вследствие влияния боковых ограничений упругих гибких, предварительно напряженных анкеров припрямления плотины Вайон смогли вынести восьмикратную перегрузку при катастрофе. На другой, очень важной электростанции из-за большого скального оползня подвергались опасности массивный склон из скальной породы и важнейшая часть сооружения. Первоначально принятые меры оказались безуспешными; это объясняется тем, что не была учтена важность трехосного напряженного состояния, утраченного вследствие водной эрозии, а влияние боковых ограничений стяжек было оценено неверно. Поперечные деформации существенно зависят от анизотропии скальных масс и строения трещин отдельностей. Но именно эти два элементарных фактора часто мало учитываются практиками и проектировщиками в области строительства в скальных породах, так как их трудно учитывать. Природа не становится проще из-за радикальных упрощений в арифметических моделях, увеличивается только несоответствие между природой и приведенными моделями. Другим примером, подтверждающим нашу точку зрения о недопустимости упрощения природы, является игнорирование времени — фактора, влияющего на поведение скальной массы. В туннелестроении мы, конечно, учитываем фактор времени, и то не математически, а косвенно, с помощью так называемого нового австрийского метода туннелестроения. На этом пути мы добились больших успехов, но, к сожалению, не удосужились провести теоретических исследова-



ний. Немногочисленные исключения, например, обследования в Вардаре, подтверждают это правило.

Я полагаю, что более глубокие исследования зависимости поведения скальной породы от времени приведут к большому прогрессу. Это пойдет на пользу в особенности одной из слишком уж забытых проблем строительства в скальных породах, а именно, устойчивости склонов. Проблема склонов является не статической, а весьма динамической проблемой, так как очень немногие естественные склоны находятся в полном покое. При строительстве на склонах, как и при строительстве туннелей, также имеются неустойчивые промежуточные строительные стадии между устойчивым начальным и столь же устойчивым завершающим этапами. Склон можно определить, несколько утрируя, как еще не происшедший оползень. Поведение склонов из скальных пород, как и ползучесть склонов долин, должно рассматриваться как оползание, как это сделали, например, Хофманн, Шарма и Хефели.

В сущности, все эти проблемы являются реологическими, как например, давление ползучести на подпорные стенки, однако для математического решения они еще не созрели. Прежде всего, неизвестно, как найти параметры, чтобы ввести их в расчеты. Между тем, при строительстве на склонах можно было бы добиться определенного успеха благодаря использованию моделей, ЭВМ и прежде всего натуральных наблюдений, как в туннелестроении. И не имеет никакого значения, дополняют ли эти результаты расчеты или заменяют их.

Хотя уже имеется огромное количество работ по проблемам материалов и статике, исследованиям по влиянию времени не уделяется внимания. Я убежден, что воздействие начальных напряжений в скальных породах на устойчивость склонов и переходы от стадии ползучести к стадии оползания так же велико, как воздействие начальных напряжений на устойчивость в туннелестроении, исходя из чего и избирается способ проходки.

Я бы хотел коснуться еще одной забытой темы исследований — репрезентативности образцов скальной породы, взятых из буровых скважин, крупномасштабных испытаний, взятых *in situ*, вообще параметров. Как можно найти критерии, чтобы как-то оценить степень репрезентативности этих понятий? Другой областью исследовательских и практических, в особенности проектных, работ, на которую следует обратить внимание, является интерпретация геологических данных, в частности общей геологической ситуации. Здесь скрывается источник ошибок, явившихся причиной большинства обрушений и катастроф. Они практически никогда не бывают вызваны ошибочными расчетами, а являются следствием ошибочной интерпретации геологической ситуации или ошибочной аргументации. Это свойственно всей нашей эпохе, а не только механике скальных пород.

Наметим проблемы, с которыми геомеханики не в силах справиться в одиночку, которые могут быть решены только при интенсивном сотрудничестве инженеров-геомехаников и инженеров-геологов, осуществлявшемся, и гораздо лучше, чем сегодня, в более ранние периоды. Мы не должны забывать, что все то, что мы сегодня называем геомеханикой или механикой скальных пород, возникло из инженерной геологии. Как Терцаги мечтал, чтобы все инженеры по механике грунтов были также и геологами, так и мы должны стремиться к тому, чтобы осуществлялась совместная работа специалистов по механике скальных пород и инженеров-геологов (что успешно практикуется только в немногих странах, например в Китае и Франции). За послед-



ние десятилетия такое сотрудничество, вообще говоря, стало встречаться реже. Причина кроется в том, что в геологических описаниях, ставших слишком академичными, гораздо меньше учитываются аспекты их применения, или в том, что многие действительно не поняли большой разницы между прикладной геологией и инженерной геологией; частично это объясняется тем, что инженеры обнаруживают мало понимания и интереса к дискуссиям с инженерами-геологами, так как их мало учили инженерной геологии, и не осознают, насколько их сооружения и экономический результат их работ зависят от геологических условий.

Путь развития механики скальных пород без инженерной геологии кажется мне неверным. Можно привести множество примеров, подтверждающих это утверждение. Результаты работ, проводимых в скальных породах, независимо от того, успешны они или нет, почти исключительно зависят от нашей оценки геологической ситуации и от того, насколько удачно мы приспособили свои проекты и работы к ней. Какие средства можно успешно использовать при строительстве, какие расчетные модели можно применить при проектировании—все это зависит от правильной оценки геологической ситуации.

Какую цель должны преследовать исследования, обучение и публикации по механике скальных пород в будущем? Следует ли их вообще направлять? Думаю, что да, поскольку путь, по которому развиваются исследовательские работы в последнее время, все дальше уводит их от практики. Преодоление разрыва между теорией и практикой кажется мне жизненно важным как для работ в скальных породах, так и для механики скальных пород как науки в целом. Наибольших успехов добиваются те страны, организации и инженеры, у которых этот разрыв меньше. В настоящее время наибольший разрыв наблюдается в проектных организациях.

В теории необходимо отказываться от слишком отдаленных от природы абстракций, от независимых друг от друга и даже непостоянных характеристик, которые накладывают на факторы, хотя они и не подлежат накладке. Необходимо уделять больше внимания интерпретации скальной массы. Оценку всех фактов, которые невозможно или пока невозможно определить количественно, можно производить только непосредственно во время работ в скальной породе.

До сих пор мы готовили теоретиков; в будущем необходимо готовить инженеров-проектировщиков и инженеров по скальным породам. Не следует относиться свысока к публикациям случаев из практики. Иногда они могут научить нас большему, чем самые изощренные теории. Необходимо покончить с гордыней некоторых слишком одиозных ученых-школяров. Следует отказаться от слишком большого количества стандартов и правил, и не надо забывать, что все стандарты в нашем мире должны рассматриваться всего лишь как руководство; они не могут и не должны иметь силу законов и не освобождают от необходимости мыслить. В области геологии, где один туннель отличается от другого, где каждый склон отличается от остальных, где один известняк или один гранит не похож на другой известняк или другой гранит, слишком экстенсивные попытки стандартизации вредны. Скальная порода требует индивидуального отношения. Большие обобщения могут иногда наносить вред при чрезмерно усердном уравнивании и стандартизации всего.

Наш мир несовершенен. К идеалу нужно подходить медленно, шаг за шагом.



Поэтому для того, чтобы неуклонно стремиться к прогрессу, мы должны сопоставлять свои взгляды и свои ошибки и не должны ограничивать свои программы на будущее только тем, что при поверхностном рассмотрении кажется достижимым и осуществимым сегодня; мы должны бесстрашно намечать цели, осуществление которых желательны, даже когда знаем, что никогда не сумеем достичь их в полной мере.

## ԺԱՅՌԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ԱՊԱԳԱ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄԸ

Տեխն. գիտ. դ-ր, Ավստրիայի գիտությունների ակադեմիայի պատվավոր անդամ, պրոֆ. Լեոպոլդ Մյուլլեր

Ռե Ֆեւրտ: Ժայռապարների մեխանիկայում՝ սկզբնական շրջանի բուն զարգացումից հետո, սկսել է դիտվել որոշ անկում: Դրա հիմնական պատճառը տեսության և պրակտիկայի առանձին զարգացումն է, ինչպես նաև ուսումնասիրությունների, նախագծման և շինարարության միջև կապի բացակայությունը: Բացի այդ, անբավարար կերպով են օգտագործվում ինժեներական երկրաբանության տվյալները:

## ՀՈԴՎԱԾԻ ՀԵՂԻՆԱԿԻ ՌՈՒՍՆԵՐՆԵ ԹԱՐԳՄԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՋԱՐԱՆԸ

«Ժայռային ապարների ապագա զարգացումը» հոդվածի համար դրդապատճառ են հանդիսացել հետևյալ գիտողությունները: Նրանք ոգեշնչել են հեղինակին մի քանի տասնամյակների ընթացքում՝ համալսարանում աշխատելիս, ինչպես նաև քաղաքացիական շինարարության մեջ և հանքային աշխատանքներում ժայռային ապարների մեխանիկան կիրառելիս: Այս գիտողությունները շեն առնչվում իրական առաջարկների հետ և շատ ընթերցողներ կարող են մտածել, որ իմ մտքերը շատ ընդհանուր են, գուցե և չափազանց ընդհանուր: Սակայն բազմաթիվ գիտությունների զարգացումը, իմ կարծիքով, տառապում է չափազանց միակողմանի գիտական ուսումնասիրություններից, որոնք ուղղված են առանձին ակտուալ հարցերի լուծմանը. գիտնականները բավականաչափ չեն կշռադատում իրենց գիտական աշխատանքների զարգացումը և կիրառությունը, ինչպես նաև դրանց նշանակությունը տեխնիկական գիտությունների, մշակույթի և մարդկային կյանքի համար: Այսպիսով՝ ստեղծվում է տպավորություն, որ որոշ գիտություններ նման են հզոր շարժիչով, բայց առանց ղեկի շարժվող նավերի:

Սա ուզում եմ արտանց շնորհակալություն հայտնել բարձր գնահատության արժանի իմ կուլեգային և երկարամյա ընկերոջս՝ պրոֆ. Գեորգ Տեր-Ստեփանյանին, ում հետ ես սկզբունքորեն համաձայն եմ գիտական և մարդկային ոլորտների շատ հարցերում, այն բանի համար, որ նա ձեռնամուխ եղավ իմ հոդվածը ուսերեն թարգմանելուն: Սա պետք է գոհ լինեմ, որ այդ հոդվածում շարադրված իմ մտքերին կծանոթանան ուսերեն լեզվով կարդացողները:

Լեոպոլդ Մյուլլեր-Ջալցրուրգ

Դեկտեմբեր, 1985 թ.

<sup>1</sup> Կարլսբուրգի և Ջալցրուրգի համալսարանների պատվավոր պրոֆեսոր, ժայռային ապարների մեխանիկայի միջազգային ընկերության հիմնադիր և առաջին պրեզիդենտ (1966—1970), Ջալցրուրգ, Ավստրիա:

REFLECTIONS ON FUTURE DEVELOPMENT OF  
ROCK MECHANICSLEOPOLD MÜLLER, Prof., Dr.-Ing., Hon. Mem. Austr. Ac. Sc.<sup>1</sup>

Synopsis. After the rapid development of the rock mechanics a recession is now observed. The basic reason is the separate development of theory and practice, the absence of connection between investigations, design and construction; engineering geological data are not used sufficiently.

## AUTHOR'S PREFACE TO TRANSLATION INTO RUSSIAN

The following remarks should be considered as impulses for the theme «Future Developments of Rock Mechanics» as they have been inspired during many spaces of decades by the University activities of the Author, but for the great part by application of rock mechanics in practice of civil engineering and mining. They do not concern actual proposals and many readers may perceive that these ideas are expressed very generally, probably too generally. But the development of many sciences seems—for my opinion—to suffer on the scientists engagements that is too one-sided oriented to single actual problems; and scientists do not enough deliberate the development and the application of their scientific work as well as the consequences for technology, culture and human life. Therefore it often gives the impression that some sciences are similar with a ship driven by strong engines but steered without rudder.

I heartily want to thank my highly estimated colleague and friend of many years, Professor George Ter-Stepanian, with whom I am bound with so many principle agreements in scientific and human things, that he has taken the trouble to translate my article into Russian. I am pleased about the dissemination of the thoughts mentioned in this article into people, speaking Russian language.

LEOPOLD MÜLLER-SALZBURG

December 1985

<sup>1</sup> Honorary Professor of the Universities of Karlsruhe and Salzburg, Founder and First President of the International Society of Rock Mechanics (1966—1970), Salzburg, Austria.