

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



Кафедра философии

Реферат по дисциплине: «История и философия науки»

на тему: «История развития геомеханики»

Выполнил:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'O.A. Kuznetsova', written over a horizontal line.

асп. Кузнецова О.А

Научный руководитель:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'G.I. Korshunov', written over a horizontal line.

проф. Коршунов Г.И.

Проверил:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M.I. Mikeschin', written over a horizontal line.

проф. Микешин М.И.

Введение

Геомеханика (от **гео...** и **механика**) - наука о механических состояниях земной коры и процессах, развивающихся в ней вследствие различных естественных физических воздействий. Главные из них: термические (остывание, нагревание) и механические (притяжение масс Земли и др. небесных тел; центробежные силы, обусловленные вращением Земли).

Основными объектами изучения геомеханики являются горные массивы со всеми элементами геологического строения и нарушенности в недрах Земли на различном масштабном уровне и собственно горные породы, составляющие эти массивы. Горная порода рассматривается как геологическое образование твердой деформируемой среды минерального состава с присущей ей плотностью,

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕХАНИКИ

1.1. Этапы становления геомеханики

Первый этап – экспериментального определения механических свойств отдельных массивно-кристаллических пород и отдельных видов грунтов, как сплошных тел – механика сплошных (квазисплошных) деформируемых сред (1920 г.).

Второй этап – появилось учение о консолидации несплошных (двухкомпонентных – грунтовая масса) систем (грунтовой массы) [1930 г.] (К. Терцаги, И.М. Герсеванов, В.А. Флорин и другие).

Третий этап – были разработаны основы механики трехфазных грунтовых и органогенных систем (1940-1970 г.г. Ю.К. Зарецкий, З.Г. Тер-Мартirosян и другие).

Четвертый этап – разрабатывается механика трещиновато-блочных скальных пород (П.Д. Евдокимов, С.Б. Ухов и другие) и механика слабых органических масс (Н.Н. Морарескул, П.С. Амарян, М.Ю. Абелев, П.А. Коновалов и другие).

1.2. Становление и развитие геомеханики

На рубеже 19 и 20 веков стали формироваться представления и высказываться гипотезы о горном давлении. Им предшествовали начатые во второй половине XIX века инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород и оседанием дневной поверхности. Горные инженеры стали приходить к выводу о существовании «естественных напряжений» в горных массивах. В 1874 г. немецкий специалист «Русиха» одним из первых обратил внимание на горизонтальные силы, действующие на стенки горной выработки. Профессор Гейм подтвердил, что горизонтальные напряжения имеют тот же порядок, что и вертикальные. В 1907 г. М.М. Протодяконов опубликовал работу, в которой изложил гипотезу свода давления на горные выработки. В 1925 г. А.Н. Динник впервые предложил использовать теорию упругости для описания напряженно-деформированного состояния горных массивов и сформулировал решение задачи теории упругости. Отсюда

появилось понятие исходного бокового давления, отличного от нуля. Таким образом, в 20 -30 годах двадцатого века впервые при решении проблем горного давления стали использоваться исходные понятия об упругих средах, закон Гука и уравнения равновесия сил.

В конце 30-х годов С.Г. Авершин предложил способ расчета сдвижения земной поверхности на основе результатов натуральных измерений. Стали широко развиваться лабораторные исследования деформационно-прочностных свойств пород в лабораторных и натуральных условиях.

В 40 - 50 годы наряду с натурными наблюдениями за состоянием массива стали широко применяться методы физического и математического моделирования. Этот период связан с появлением систематических исследований в области геомеханики, механики грунтов и инженерной геологии. Все это в совокупности привело к разработке и развитию многих научных направлений геомеханики горного давления, взрывных волн и разрушения горных пород, их сдвижения, устойчивости горных выработок, фильтрации в трещиновато-пористых горных породах, внезапных выбросов угля и газов.

Деятельность человека по эксплуатации природных и техногенных месторождений полезных ископаемых, использованию выработанных пространств, застройке территорий, освоению и использованию других ресурсов недр и охране окружающей среды всегда осуществлялась в тесной взаимной связи на основе прогнозов изменения геомеханического состояния геологической среды под влиянием горных работ. При добыче полезных ископаемых еще в древние времена люди вынуждены были ограничивать размеры горных выработок и искусственно поддерживать их на отдельных участках, чтобы не происходили обрушения и завалы.

В процессе формирования горных наук геомеханика претерпела ряд изменений и неоднократно переходила из одной группы в другую, в зависимости от решаемых ею на определенном историческом этапе задач и используемых при систематизации признаков. Долгое время задачи,

решаемые с помощью положений горной геомеханики, относились к области знаний, называемой маркшейдерским искусством. Позже эта область знаний стала называться маркшейдерским делом или сокращенно маркшейдерией.

Становление геомеханики как науки началось с формирования и развития механики горных пород, которая входит в физику горных пород и процессов в качестве ее части. Механике горных пород, в отличие от классической механики, свойственны специфические методы и области применения, связанные с особенностями горных пород как объекта изучения.

При систематизации горных наук по признаку решаемых задач геомеханика подразделялась на управление горным давлением в целях безопасного и рационального извлечения полезного ископаемого и учет и оценку нарушений начального состояния объектов, расположенных выше горных работ, как в массиве, так и на земной поверхности. Сокращенно эти проблемы стали называться «горным давлением» и «сдвижением горных пород». По методам изучения геомеханических процессов геомеханика подразделяется на аналитическую и эмпирическую. На рубеже XIX и XX веков стали формироваться представления о горном давлении. Им предшествовали начатые во второй половине XIX века инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород и оседанием дневной поверхности. Исходя из наблюдений за деформациями горных пород, раскрытием трещин и разрывами, горные инженеры во второй половине XIX века пришли к выводу о существовании «естественных напряжений» в горных массивах. В период 1878-1912 годов профессор Гейле высказал свои представления о напряжениях в горных массивах. Суть их состоит в том, что горизонтальные напряжения должны иметь величины того же порядка, что и вертикальные. В 1900 году в США на основе лабораторных экспериментов впервые была предложена формула для расчета прочностных показателей целиков в антрацитовых шахтах.

В 1907 году М.М. Протодяконов опубликовал работу «Давление горных пород на рудничную крепь». Эта работа и его гипотеза свода

давления стали началом развития теории горного давления. Исходя из свода давления и обобщения данных по обрушениям в горных выработках, он вывел формулу для расчета давления пород на крепь и ввел понятие коэффициента крепости пород.

В первой половине 20-х годов прошлого столетия при строительстве Амстегского туннеля (Швейцария) впервые были проведены опытные работы по определению деформационных свойств скальных пород методом напорной камеры. По результатам наблюдений в процессе повышения давления и воды в камере были получены зависимости деформаций от нагрузки и определен модуль упругости породы в массиве.

В 1925-1926 годах А.Н. Динник впервые предложил использовать теорию упругости для описания напряженно-деформированного состояния горных массивов и сформулировал решение задачи теории упругости для тяжелого полупространства в предположении равенства нулю горизонтальных деформаций. Отсюда появилось понятие исходного бокового давления, отличного от нуля, а отношение этого давления к вертикальному горному давлению получило название коэффициента исходного бокового давления. В то же время, в 1926 году, немецкий ученый Шмидт опубликовал работу, в которой связал исходные напряжения по Гейму с представлениями об упругих свойствах скальных пород.

Таким образом, в 20-30-х годах прошлого столетия впервые при решении проблем горного давления стали использоваться исходные понятия об упругих средах, закон Гука и уравнения равновесия. При этом заметим, что к этому времени уже была разработана теория упругости, которая наряду с сопротивлением материалов широко использовалась в мостостроении, машиностроении и других отраслях науки и техники.

В 30-е годы А.Н. Динник совместно с Г.Н. Савиным и А.Б. Моргаевским успешно развивают идею использования в горном деле методов решения задач теории упругости. Они впервые детально описали

распределение напряжений вокруг горизонтальных выработок круглого, эллиптического и прямоугольного сечений в скальных породах.

В те же годы чилийский геолог Р. Феннер, как и А.Н. Динник, предложил считать горный массив линейно-упругим вне приконтурной зоны горной выработки. Ограничиваясь описанием напряженного состояния горных пород вокруг выработки круглого сечения, он выделяет зону пониженных напряжений с существенным смещением горных пород в выработку (зона Тромпетера), зону повышенных напряжений с разрывами породы и остальную часть массива, в котором с удалением от выработки ее влияние на напряженное состояние горных пород затухает. Р. Феннер обратил внимание на необходимость учета пластичности горных пород, неоднородности, слоистости, рельефа местности при изучении напряжений и смещений. В то же время Д.В. Филлинс экспериментально показал, что горные породы в зависимости от условий нагружения могут проявлять свойства ползучести, релаксации напряжений и пластичности.

В середине 30-х годов профессор Д.С. Ростовцев первым выдвинул гипотезу горного давления в очистных выработках, которая была положена в основу управления кровлей в лавах (Донбасс). Суть ее в том, что когда подработанная на больших площадях кровля зависает, в краевых частях возникает опасная концентрация напряжений и может произойти обрушение основной кровли (вторичная осадка). При достаточно мощной непосредственной кровле и подбучивании ее вторичная осадка не оказывает существенного влияния на призабойную крепь. В 30-е же годы академик Л.Д. Шевяков предложил метод расчета целиков при камерно-столбовой системе разработки. Суть метода состоит в том, что на каждый целик давит вес столба пород до поверхности. Площадь сечения этого столба равна сумме площади самого целика и половины площади потолочин камер, примыкающих к целику. Такой подход к расчету целиков был достаточно обоснован Г.Н. Кузнецовым и М.А. Слободовым применительно к пластовым месторождениям соли путем измерения напряжений методом разгрузки,

который был предложен Д.Д. Головачевым в 1935 году для исследования строительных конструкций.

В конце 30-х годов С.Г. Авершин предложил способ расчета сдвижения земной поверхности на основе результатов натуральных измерений. Отметим, что наряду с началом развития натуральных инструментальных наблюдений, связанных с горным давлением и сдвижением горных пород, а также началом развития теории горного давления с использованием методов теории упругости и сопротивления материалов, были широко развернуты лабораторные исследования деформационно-прочностных свойств горных пород с учетом основного минералогического состава, степени метаморфизма, трещиноватости, влажности и выветриваемости.

В 40-е годы получили широкое развитие натурные наблюдения за сдвижением горных пород при разработке пологих, наклонных и крутопадающих пластов. В 1948 году были начаты исследования горного давления на моделях из эквивалентных материалов. Основные положения метода моделирования были разработаны Г.Н. Кузнецовым. Позднее им была выдвинута гипотеза шарнирноблочного механизма оседания основной кровли очистных выработок.

В этот же период для измерения деформаций и напряжений в натуральных условиях стали использоваться тензометрические датчики, в частности, при измерении деформаций на торце обуриваемого керна - динамометры, струнные датчики. Были разработаны первые геофоны для сейсмоакустической оценки нагруженного состояния горных пород.

Исходя из гипотезы консольных балок профессор В.Д. Слесарев предложил ряд формул для расчета предельных пролетов кровли на трех стадиях ее обнажения и формулы расчета давления на крепь очистного забоя. На первой стадии предельного пролета используется изгиб балки с «внецентральным» сжатием, свободно опертой или защемленной по концам, на второй стадии предельный пролет определяется максимумом прогиба

балки без разрыва в нижней части, третье предельное состояние - трещина разрыва прорастает на всю толщину балки.

В отличие от гипотез Г.Н. Кузнецова и В.Д. Слесарева профессор П.М. Цимбаревич сформулировал гипотезу сдвига блоков или гипотезу сдвига призм обрушения слабых пород для очистных выработок на сравнительно небольшой глубине.

За рубежом в 1947-1951 годах бельгийский ученый А. Лабасс, следуя Р. Феннеру, сформулировал применительно к очистным выработкам свою гипотезу «предельного растрескивания». Согласно этой гипотезе, непосредственная и частично основная кровля при переходе из зоны опорного давления в зону разгрузки по мере перемещения забоя подвергается интенсивному растрескиванию, что связано с большой разницей между главными напряжениями. Он предлагает использовать для поддержания кровли податливую крепь, но с весьма высоким сопротивлением, чтобы уменьшить расслоение непосредственной кровли. Голландский профессор Ф.К. Итерсон считает, что в забоях лавы происходит пластическое выдавливание горных пород из зоны опорного давления.

К этому времени относится основополагающая работа В.В. Соколовского «Плоское предельное равновесие горных пород». Эта и последующие работы В.В. Соколовского по механике сыпучих сред и теории пластичности сыграли весьма существенную роль при решении проблем устойчивости бортов и уступов. Используя эти работы, Г.Л. Фисенко в 70-х годах предложил ряд расчетных методов, которые стали широко использоваться при открытой разработке месторождений.

Значительное влияние на развитие аналитических методов в геомеханике применительно к горным проблемам оказали работы Д.И. Шермана, С.Г. Михлина, С.Г. Лехницкого. Схематизируя горные выработки эллиптическими и щелевыми вырезами, они дают точные решения поставленных задач, что позволяет провести детальный анализ полей напряжений в идеализированной постановке задачи. Д.И. Шерман разработал

метод расчета напряжений около двух сближенных эллиптических выработок большой протяженности на достаточно большой глубине.

И.В. Родин и Г.Н. Савин положили начало использованию аналитических методов в решении задач о взаимодействии крепи с породами горной выработки кругового сечения. Крезь рассматривается как упругое кольцо, вставленное в круговой вырез. Из решения этой контактной задачи Г.Н. Савин получает расчетные формулы давления на крепь. Позднее этот вопрос с учетом упругопластических деформаций применительно к вертикальному стволу с крепью рассмотрел профессор Ф.А. Белаенко. В дальнейшем развитие этих методов с широким использованием в горной практике связано с именами многих ученых и в первую очередь с Н.С. Булычевым и Н.Н. Фотиевой.

Особое внимание привлекли труды С.Г. Лехницкого, наиболее полно и детально разработавшего теорию упругости анизотропного тела. Все слоистые горные массивы, по существу, являются анизотропными. На основании своих работ 1940 года С.Г. Лехницкий дает в 1950 году постановку и точное решение задачи о распределении напряжений и смещений в трансверсально-изотропном массиве вокруг вертикального ствола. Этим решением впервые было показано, что вертикальный компонент напряжений при проходке стволов не изменяется, т.е. остается равным по величине исходному вертикальному горному давлению.

В мире признано, что 50-е годы нашего столетия можно считать началом систематических исследований в области геомеханики, механики грунтов и инженерной геологии при постоянном развитии связей с физикой, механикой, химией. Это обусловлено, с одной стороны, переходом на новый уровень добычи полезных ископаемых, туннелестроения, строительства гидротехнических и подземных сооружений, подземных взрывов, а с другой - катастрофами и крупными горно-технологическими проблемами, в основе которых лежат геомеханические процессы. К ним относятся внезапные

выбросы угля, пород и газа в шахтах, горные удары, внезапные обрушения больших масс горных пород.

В исследования по геомеханике включились университеты, научно-исследовательские институты академий. Начиная с 50-х годов прошлого столетия многие исследования в горном деле, связанные с механикой горных пород, стали отличаться от всех предыдущих тем, что в них, наряду с решением конкретных горнотехнических проблем в области горного давления и сдвига горных пород, изучаются природа и механизм явлений, порождаемых горными работами. В результате сформировались и получили развитие крупные научные направления. В этом отношении работы В.В. Соколовского, С.Г. Лехницкого, Д.И. Шермана, А.Н. Динника, Г.Н. Савина и других ученых нашей страны сыграли исключительно большую роль. Развитию новых направлений в значительной мере способствовали книги К.В. Руппенейта и Ю.М. Либермана «Введение в механику горных пород» (1960), Д. Талобра «Механика скальных пород» (1957), Г. Джегера «Механика горных пород и инженерные сооружения» (1972) и др.

Это привело к разработке математических и физических моделей трещиноватых и блочных горных пород, которые обладали упругими, вязкими, пластическими, фильтрационными свойствами. Создаются специальные модели разрушения горных пород, особое место занимают модели взрывного разрушения, которые широко используют понятие ударной волны в горных породах.

Вместе с созданием моделей горных пород и физико-математической постановкой задач геомеханики начали развиваться методы решения этих задач. Все это в совокупности обусловило разработку и развитие многих научных направлений геомеханики горного давления, взрывных волн и разрушения горных пород, сдвига горных пород, устойчивости горных выработок, фильтрации в трещиновато-пористых горных породах, внезапных выбросов угля, пород и газа и др.

Методы математической теории упругости и пластичности начали систематически использоваться в геомеханике после опубликования работ С.А. Христиановича и С.В. Кузнецова (1955-1966), детально описавших на основе аналитических решений задач геомеханики закономерности перераспределения напряжений в массивах горных пород, формирование зон опорного давления, разгрузки, расслоения с учетом крепи и закладки при разработке пологих пластов. Методы механики деформируемых трещиновато-пористых сред, газовой динамики в сочетании с экспериментальными исследованиями поведения угля, пород и газа при высоких давлениях начали также систематически использоваться при изучении внезапных выбросов угля, пород и газа, закономерностей газовыделения в горные выработки. В этом направлении важное значение имели работы С.А. Христиановича, В.В. Ходота, С.В. Кузнецова и др. Позднее в Германии теорию внезапных выбросов угля и газа, близкую по основным положениям к теории С.В. Кузнецова, развивал Р. Липпман.

В 60-х годах была разработана теория гидроразрыва горных пород, основанная на прорастании трещин, заполняемых жидкостью под давлением. В дальнейшем эта теория развивалась во многих странах, а результаты ее широко используются в нефтепромысловой механике и при измерениях напряжений в горных массивах.

Геомеханика существенно расширила круг своих задач и область исследования после того, как был разработан метод конечных элементов для расчетов на ЭВМ напряжений и деформаций в различных конструкциях.

Впоследствии практически все методы численного решения задач геомеханики, включая задачи разрушения, фильтрации, прорастания трещин, основаны на методе конечных элементов. В самих расчетах представилась возможность отразить неоднородность и блочность массивов, технологическую последовательность горных работ. Это позволило детально изучить все особенности перераспределения напряжений в горных массивах при сооружениях весьма ответственных объектов, сложных по своей

конструкции и больших по объему. Благодаря этому методу расчета стало возможным осуществить геомеханический мониторинг.

С 70-х годов численные методы геомеханики стали широко использоваться при изучении горных ударов для раскрытия механизма этих явлений, определения условий их проявления. В США разрабатывается многоканальная микросейсмическая аппаратура для регистрации и определения местоположения источников акустической эмиссии и очагов разрушения в массивах горных пород в реальном времени. Эта аппаратура расширила возможность изучения напряженно-деформированного состояния горных пород около выработок и прогнозирования динамических проявлений горного давления.

Геомеханический мониторинг и математическое моделирование напряженного состояния и поведения горных пород определили новый подход к изучению деформационных и прочностных свойств горных пород и массивов. Изучаются деформационно-прочностные свойства при неравнокомпонентном трехосном сжатии, оценивается масштабный фактор для перехода от образцов к массивам, изучаются реологические свойства, оценивается влияние температурного фактора. Разработано много методов для определения проницаемости горных пород, нефтяных и угольных пластов. Новое продолжение получила диаграмма напряжение-деформация-пределельное деформированное состояние горных пород, которая связана с жесткими условиями нагружения горных пород на уровне предельного сопротивления разрушению.

На всех этапах своего развития геомеханика получала мощные импульсы со стороны органов, контролирующих состояние безопасности горных работ и жизнедеятельности населения. Подобного рода проблемы возникли еще в Средние века, когда, при добыче полезных ископаемых приходилось определять устойчивость пространств, образующихся в результате извлечения полезных ископаемых из недр, и вести горные работы с учетом близости ранее выработанных участков и горизонтов, под зданиями,

сооружениями и водоемами, вблизи шахтных стволов и шурфов и т.д. Вначале многое решалось на основе передаваемого из поколения в поколение практического опыта рудокопов, предполагающего главным образом визуальные наблюдения за поведением горных пород и развитую интуицию. Однако со временем этого стало недостаточно.

В середине XIX века в Бельгии и Франции возникла острая полемика между горной инспекцией и рудничными инженерами, после того как во многих домах в районе горных работ в пригороде Льежа появились громадные трещины. Позднее, в 50-х годах того же столетия, подобная угрожающая ситуация сложилась и в некоторых горнопромышленных городах Германии. Для предотвращения конфликтов правительства разных стран были вынуждены издавать постановления, регламентирующие процессы извлечения полезных ископаемых из недр.

В нашей стране изучение сдвижения горных пород на плановой основе, как важный элемент управления горными работами, началось, практически только в 30-е годы прошлого столетия. Наблюдения вели на единой методической основе и с каждым годом их совершенствовались и расширялись. В настоящее время они проводятся почти во всех угольных и горнорудных бассейнах страны. По масштабам и полноте исследований, а также по ценности получаемых результатов наша страна занимает в этой области одно из первых мест в мире.

На основании проведенных исследований впервые в мире были составлены бассейновые Правила охраны сооружений, основанные не на эмпирических зависимостях, а на строгих инженерных методах расчета.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, СТРУКТУРА И ЗАДАЧИ ГЕОМЕХАНИКИ

2.1. Объекты и задачи исследований геомеханики

Геомеханика - это наука о деформациях горных пород, движениях в них жидкости и газа и силах, вызывающих эти деформации и движения.

Объектами геомеханики являются горные массивы со всеми элементами геологического строения и нарушенности в недрах Земли на различных масштабных уровнях и собственно горные породы, составляющие эти массивы. Горная порода рассматривается как геологическое образование твердой деформируемой среды минерального состава с присущей ей плотностью, трещиноватостью и прочностью. Горный массив - участок земной коры в границах, устанавливаемых исходя из постановки научной (технологической) задачи или изучаемого процесса.

Деформационные, прочностные, волновые и фильтрационные свойства горного массива изучаются в совокупности с физико-механическими свойствами слагающих горных пород.

Геомеханика устанавливает законы формирования напряженно-деформированного состояния и разрушения горных пород, развития в них деформационных процессов, движения жидкостей и газов в горных массивах, образования блочных и складчатых структур, сохранения устойчивости горных выработок и откосов горных сооружений и земной поверхности.

Основной задачей геомеханики является изучение геомеханических процессов, происходящих в геологической среде под влиянием горных работ, и создание методов оценки, прогноза и контроля состояния толщи пород и поверхности Земли в различные периоды преобразования недр.

Цель геомеханики состоит в познании законов согласования горных объектов с природными телами земных недр при изменяющемся поведении тел в процессе комплексного освоения и сохранения недр.

Под геомеханическим обеспечением такого согласования понимается обоснование и выбор систем и порядка ведения горных работ, взаимного положения выработок, способов управления горным давлением, скорости подвигания забоев и других параметров технологических процессов, при которых деформации в толще горных пород и на земной поверхности будут находиться в заданных пределах.

Геомеханическое обеспечение необходимо на всех стадиях освоения недр: при проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции и ликвидации объекта. От полноты и надежности, используемых при проектировании сведений о геологическом строении и геомеханическом состоянии горного массива во многом зависят как будущая безопасность и эффективность работы горных предприятий, так и состояние окружающей среды.

Оценка геомеханического состояния породного массива до начала горных работ производится как в России, так и во всем мире на основании геологических данных и инженерных изысканий и уточняется по газо- и геодинимическим проявлениям по мере проведения горных выработок.

Прогноз изменения геомеханического состояния породного массива под влиянием горных работ производится по установленным закономерностям сдвигения горных пород и земной поверхности и разработанным методам расчета деформации. С учетом степени обоснованности расчетных формул и способов их получения методы расчета подразделяются на теоретические, эмпирические и полуэмпирические.

Теоретические методы базируются преимущественно на уравнениях, используемых в механике сплошной среды, при этом массив горных пород принимается как упругая, пластичная, вязкая, сыпучая или другая идеализированная среда, отличающаяся от реальной. Теоретические методы для инженерных расчетов применяются редко.

В практике горного дела используются в основном эмпирические и полуэмпирические методы расчета. Эмпирические методы базируются на

зависимостях, полученных непосредственно из результатов инструментальных наблюдений в натуральных условиях, полуэмпирические – на зависимостях, установленных на основании обобщений, теоретических соображений, физических и математических аналогий. Численные значения коэффициентов в расчетных формулах полуэмпирических методов определяются по данным натуральных наблюдений.

Четкую грань между упомянутыми методами провести очень сложно, особенно для полуэмпирических методов, которые примыкают, с одной стороны, к эмпирическим, а с другой стороны, к теоретическим методам расчета. Одни полуэмпирические методы базируются преимущественно на логических соображениях, другие - на относительно строгих теоретических обоснованиях.

За рубежом получили распространение способы расчета, построенные главным образом на различных предположениях и аналогиях. Общим недостатком методов, применяемых за рубежом, является то, что они основаны на условных предположениях, не вытекают непосредственно из физической сущности процессов. Такими недостатками обладали долгое время и методы, применяемые в отечественной практике. Лишь в последние годы благодаря фундаментальным исследованиям ряда научно-исследовательских институтов горного профиля удалось выявить новые важные закономерности развития деформационных процессов в толще пород и установить четкие зависимости параметров этих процессов от основных влияющих факторов, которые делятся на заданные природные и регулируемые. Целенаправленное изменение регулируемых факторов позволяет управлять развитием деформационных процессов как в пространстве, т.е. в толще горных пород и на земной поверхности, так и во времени. На этом принципе строятся способы управления геомеханическим состоянием породного массива, научные основы которого впервые разработаны в нашей стране. В настоящее время установлен характер развития знакопеременных деформаций в породной толще и их влияние на

образование водо- и газопроводящих трещин, зон повышенного горного давления и зон разгрузки и т.д.

По количеству высокоточных инструментальных наблюдений за развитием геомеханических процессов в различных горно-геологических условиях отечественная школа горных геомехаников значительно превзошла все школы мира. Наблюдения охватывают глубины от земной поверхности до 1200 м, углы падения от 0 до 90°, размеры выработанного пространства от единиц до тысячи метров и практически все встречающиеся в природе геомеханические и газодинамические состояния массива.

Контроль за изменением геомеханического состояния породного массива в процессе освоения недр производится путем проведения инструментальных наблюдений за деформациями горных пород и земной поверхности. Результаты инструментальных наблюдений используются для решения следующих задач:

- установление правомерности для рассматриваемых условий принятой при расчетах модели деформирования массива;
- определение правильности используемых при расчетах характеристик породного массива;
- уточнение закономерностей развития деформационных процессов и зависимостей его параметров от основных влияющих факторов;
- контроль за развитием деформаций земной поверхности и охраняемых объектов с целью своевременного принятия защитных мер по предотвращению или снижению вредных последствий горных разработок при приближении наблюдаемых деформаций к их допустимым или предельным значениям;
- установление эффективности принимаемых мер защиты;
- определение степени влияния горных работ при возмещении ущерба, нанесенного владельцу подработанного объекта.

Управление деформационными и фильтрационными процессами состоит в приведении к взаимному соответствию параметров и порядка

ведения горных работ с геомеханическим и газодинамическим состоянием массива. Оно может осуществляться путем целенаправленного изменения факторов, оказывающих влияние на развитие деформационных и фильтрационных процессов, в том числе технологическими средствами: путем тампонажа трещин, создания в массиве разгрузочных щелей, компенсационных траншей и других специальных способов воздействия на толщу пород и земную поверхность. Исходные данные для управления деформационными процессами получают расчетом устойчивых размеров выработанного пространства, целиков, порядка безопасной выемки горной массы и других параметров ведения горных работ по допустимым деформациям породной толщи и земной поверхности. При расчетах используются те же методы, что и при прогнозе, только производятся они в обратном порядке, т.е. деформации считаются заданными, а параметры и порядок ведения горных работ - искомыми величинами.

Геомеханическое обеспечение комплексного освоения ресурсного потенциала недр необходимо в следующих случаях:

- при составлении проекта разработки месторождений полезных ископаемых в части выбора параметров и порядка ведения горных работ, взаимного положения выработок, организации геомониторинга и составления мероприятий по предотвращению или снижению вредных последствий горных выработок;
- эксплуатации горнодобывающих предприятий для корректировки выбранных параметров, порядка ведения горных работ и других положений проекта, а также для проведения наблюдений за развитием деформационных процессов и оперативного принятия мер по предотвращению вредных последствий этих процессов;
- ликвидации горнодобывающих предприятий для прогноза развития деформационных процессов после окончания горных работ и предотвращения образования на поверхности провалов, воронок и других

проявлений неустойчивости массива, а также в части использования высвобождающихся горных выработок для народного хозяйства;

- сооружении и эксплуатации подземных объектов различного целевого назначения для оценки их длительной устойчивости и герметичности и прогноза последствий, которые могут возникнуть при нарушении их устойчивости и герметичности;

- застройке подрабатываемых территорий для выбора местоположения объектов строительства, последовательности застройки, определения величин ожидаемых деформаций, на которые следует рассчитывать конструкции сооружений;

- оценке изменения экологической обстановки в районах разработки месторождений полезных ископаемых и в районах строительства подземных объектов различного назначения, особенно подземных атомных электростанций, хранилищ радиоактивных и токсичных отходов.

В последние годы активно развиваются геодинамические разделы геомеханики, которые изучают, среди прочего, актуальные для горного дела движения и деформации земной коры на локальном уровне. Этому способствовало развитие новых представлений о блочном строении земной коры на разных масштабных уровнях, а также интерес, вызванный негативными последствиями техногенной деятельности человека, которая в отдельных случаях оказывает заметное влияние на естественные геодинамические процессы и производственную деятельность человека.

Природные тела как объекты геомеханики - результат структурирования горных массивов под действием гравитационных полей. Учет динамических структур необходим при проектировании, строительстве и эксплуатации долговременных инженерных сооружений, а также для получения достоверной оценки ожидаемых последствий воздействия антропогенных факторов на природные тела.

К конкретным проявлениям динамических структур, которые имеют отношение к горному производству, прежде всего относятся локальные

напряжения, связанные с современным движением в земной коре, которые не всегда коррелируют с горным давлением. В отличие от статических, локальные напряжения динамических структур являются следствием современного движения горных масс и поэтому возобновляются даже после разовой разгрузки.

Другая важная особенность структур - наличие собственного масштаба. Устойчивость инженерного сооружения зависит от рационально выбранных соотношений размеров его конструктивных элементов и характеристических размеров динамической структуры массива.

Наконец, крупномасштабное сооружение само инициирует формирование новой динамической структуры, которая при определенных условиях может привести к перестройке исходной природной структуры с далеко идущими и не прогнозируемыми последствиями. Вместе с тем ясно, что согласование строительных и эксплуатационных параметров инженерных объектов с динамическими структурами позволяет уже сегодня использовать энергию динамических структур в достижении необходимых технологических эффектов.

Новые данные о величине неотектонических движений в земной коре, об их существенной пространственной и временной неоднородности, а также сложной реакции массивов горных пород на внешние возмущения, в том числе в процессе освоения недр - требуют проведения более детальных исследований основных закономерностей дифференциальных движений естественных блоковых структур на разных иерархических уровнях.

Возникшая в последнее время необходимость прогнозирования реакции массивов горных пород сложного строения в процессе освоения недр требует учета и более тщательного рассмотрения поведения блоковых структур во времени и пространстве. Прогноз долговременной устойчивости геологической среды с целью обеспечения безопасного освоения недр, а также возможности, открывающиеся при целенаправленном изменении напряженно-деформированного состояния в процессе ведения горных работ

для повышения извлечения полезных ископаемых и снижения трудовых и материальных затрат, приводят к настоятельной необходимости проведения детальных исследований реакции массивов горных пород конкретного строения на внешние воздействия.

Вопросы геомеханического обеспечения освоения и сохранения недр играют заметную роль в общей программе комплексной оценки ресурсного потенциала горнопромышленных районов и прогноза последствий его использования как на локальном и региональном, так и на планетарном уровнях. На локальном уровне изучение геомеханического состояния массива обеспечивает правильный выбор параметров объекта - осваиваемого георесурса - и надежную оценку последствий его влияния на окружающую среду в непосредственной близости. На региональном уровне решаются более масштабные задачи. В частности, при разработке комплексных месторождений полезных ископаемых на основе анализа геомеханического состояния массива выбираются такие параметры и порядок ведения горных работ, при которых отработка одних участков месторождения полезных ископаемых или другого источника георесурсов не будет препятствовать или существенно осложнять работу других. На этой же основе определяется также степень влияния горных работ на окружающую среду в регионе. Глобальное значение приобретают вопросы геомеханического обеспечения при отработке запасов полезных ископаемых на больших площадях. Неуправляемое движение огромных масс пород может активизировать геодинамические и тектонические процессы, привести к оседанию земной поверхности на многих тысячах квадратных километров и затоплению ее, что может вызвать изменение климата. Частые прорывы нефтепроводов на подрабатываемых территориях также приносят глобальный вред окружающей среде. Но, особенно важно, геомеханическое обеспечение освоения ресурсов недр при строительстве подземных атомных станций, хранилищ радиоактивных веществ и других подобных объектов.

2.2. Роль геомеханики в проблеме освоения месторождений полезных ископаемых

Геомеханика - это составная часть горной науки, изучающая прочность, устойчивость и деформируемость горных пород, надежность и долговечность горных конструкций под воздействием природных и техногенных сил. Геомеханика - это наука о деформациях горных пород, движениях в них жидкости и газа и силах, вызывающих эти деформации и движения.

Существенный рост роли геомеханики в современных условиях вызван:

- резким увеличением глубины открытых и подземных горных работ;
- возрастанием объемов добычи, производственной мощности рудников, конструктивных параметров элементов систем разработки, габаритов и производительности горного технологического оборудования;
- применением новых систем и способов разработки;
- увеличением массы карьерных и подземных взрывов и, как следствие, сейсмическим воздействием их на горные породы;
- повышением плотности застроек территории горнотехнических объектов;
- необходимостью разработки руд в сложных геологических и горнотехнических условиях.

Велико значение геомеханики в проблеме комплексного освоения месторождений.

Наряду с полной и комплексной разработкой запасов месторождения решение проблемы комплексного освоения месторождений предусматривает:

- извлечение в процессе горных работ не только запасов полезного ископаемого, но и всех сопутствующих горных пород;
- решение проблемы повышения качества полезных ископаемых до начала и в процессе разработки месторождения с тем, чтобы качество извлекаемой из недр рудной массы было не ниже, чем качество руды месторождения;

- извлечение в процессе переработки рудной массы и полезное эффективное использование всех содержащихся в ней составляющих компонентов;
- решение вопроса дальнейшего эффективного использования сформированных в процессе горных работ выемочных пространств на стадии проектирования освоения месторождения.

Необходимость решения вышеперечисленных проблем предъявляет к геомеханике требования повышения надежности определения механических характеристик горных пород, параметров полей напряжений и деформаций, расчета конструктивных элементов систем разработки на длительный период эксплуатации месторождений с учетом особенностей структурного строения массива горных пород.

2.3. Задачи, стоящие перед геомеханикой в современных условиях

Геомеханическое обеспечение комплексного освоения ресурсного потенциала недр необходимо при:

- составлении проектов разработки месторождений полезных ископаемых в части выбора параметров и порядка ведения горных работ, взаимного положения выработок, организации геомониторинга и составления мероприятий по предотвращению или снижению вредных последствий горных работ;
- эксплуатации горнодобывающих предприятий для корректировки выбранных параметров, порядка ведения горных работ и других положений проекта, а также для проведения наблюдений за развитием деформационных процессов и оперативного принятия мер по предотвращению вредных последствий этих процессов;
- ликвидации горнодобывающих предприятий для прогноза развития деформационных процессов после окончания горных работ;
- сооружении и эксплуатации подземных объектов различного целевого назначения для оценки их длительной устойчивости и герметичности;
- застройке подрабатываемых территорий для выбора местоположения объектов строительства, последовательности застройки, определения величин ожидаемых деформаций, на которые следует рассчитывать конструкции сооружений;
- оценке изменения экологической обстановки в районах разработки месторождений полезных ископаемых и в районах строительства подземных объектов различного назначения, особенно подземных атомных электростанций, хранилищ радиоактивных и токсичных отходов.

Для успешного решения вопросов безопасности горных работ и повышения их эффективности геомеханика решает следующие задачи:

1. Изучение полей напряжений и деформаций в массиве горных пород на предпроектном этапе, в процессе строительства и в период эксплуатации рудника.
2. Исследование прочностных и деформационных характеристик горных пород на образцах и в массиве.
3. Оценка иерархической структуры горных пород с целью определения коэффициентов структурной нарушенности массивов и выявления ответственных блоков для расположения в них охранных сооружений и в случае необходимости на границе блоков проведения мероприятий по "залечиванию" структурных трещин либо их дезинтеграции.
4. Замеры сдвижений горных пород с учетом развития горных работ.
5. Определение удароопасности горных массивов.
6. Создание комплексного мониторинга в процессе отработки месторождения в динамике развития горных работ.

Вывод

Фактически, в традиционной геодинамике, описывающей движение крупных структурных образований в мантии и земной коре на значительных временных интервалах, зародилось новое направление, связанное с изучением современных движений блоковых структур, составляющих земную кору на локальных (характерный размер народнохозяйственного объекта) масштабных уровнях, а также с прогнозом поведения сложноструктурированной геологической среды под воздействием техногенных и изменяющихся естественных факторов.

Обзор исторического развития и современного состояния геомеханики свидетельствует, что данная отрасль знаний является составной частью горных наук. Геомеханика полностью сформировалась в самостоятельную науку с конкретными задачами и целью, теоретической основой и методологией, сферой и объектами исследований и практического применения.

Список использованной литературы

1. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. М.: МГГУ, 2003;
2. Горное дело. Словарь. М.: Недра, 1974;
3. Справочник «Открытые горные работы». М.: Горное бюро, 1994;
4. Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н. Геомеханика. М.: МГГУ, 2005;
5. Баклашов И.В. Геомеханика. Т. 1. Основы геомеханики, Т. 2. Геомеханические процессы. М.: МГГУ, 2004;
6. Шелест А.Т., Беляев В.Л. Геомеханика: учебное пособие. Екатеринбург, 2001;
7. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. Санкт-Петербург: Ленэнерго, РАН, ВНИМИ, 1998;
8. Инструкция по наблюдениям за деформацией бортов, откосов, уступов, отвалов и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Л.: ВНИМИ, 1971;
9. Беляев В.Ф., Певзнер М.Е. и др. Укрепления горных пород. М.: Недра, 1973;
10. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Норватов Ю.А. Гидрогеология и инженерная геология. М.: Недра, 1989;
11. Симагин В.Г. Инженерно-геологические условия Карелии: курс лекций. Петрозаводск: ПетрГУ, CD, 2007;
12. Механика горных пород и сооружение горных выработок. Новые технологии полезных ископаемых (открытые горные работы) / Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 1993. Международный симпозиум по проблемам прикладной геологии, горной науки и производства.

Оглавление

Введение.....	2
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕХАНИКИ	3
1.1. Этапы становления геомеханики.....	3
1.2. Становление и развитие геомеханики.....	3
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, СТРУКТУРА И ЗАДАЧИ ГЕОМЕХАНИКИ	15
2.1. Объекты и задачи исследований геомеханики.....	15
2.2. Роль геомеханики в проблеме освоения месторождений полезных ископаемых.....	23
2.3. Задачи, стоящие перед геомеханикой в современных условиях	25
Вывод	27
Список использованной литературы.....	28