Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 2, 1966 г.

МАТЕМАТИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. М. Журавский

Всякий раз как при изучении природы переходят от суждений качественного характера к выяснению количественных закономерностей обращаются к науке, содержание которой составляют количественные отношения и геометрические формы реального мира. Математические методы поступают на вооружение исследователя и становятся мощным средством работы, позволяющим раскрыть общие законы, глубоко скрытые разнообразием непрерывно сменяющихся явлений и обилием наблюдаемых фактов.

К количественным методам заставляет обращаться и практическое использование полученных сведений, когда общие указания качественного характера становятся недостаточными и принятие технического решения требует предварительно обоснованного расчета.

Связь математики с геологическими науками обусловлена как интересами познания, так и задачами практического использования приобретенных знаний. Прекрасной иллюстрацией тому может служить разведочное дело. Конечной задачей разведки является выявление месторождений полезных ископаемых и выяснение их промышленного характера. Большие капиталовложения в строительство горных предприятий и базирующуюся на них промышленность предъявляют требования к надежности оценки месторождений, намечаемых к эксплуатации. Возникает задача определения величины запаса полезного ископаемого, количественной характеристики его распределения в теле месторождения и промышленных границ последнего. Основанием для суждения о распределении полезного ископаемого в его промышленных границах и величине запаса служат данные разведочных работ и опробования. Надежность оценки месторождения, характеристики распределения полезного ископаемого и точность величины запаса в первую очередь зависят от детальности разведки и опробования. Весьма важен вопрос о влиянии детальности разведки, количества разведочных выработок, взятых проб и характера опробования на точность и надежность оценки месторождения. Количественная характеристика, устанавливаемая по данным разведки месторождения, зависит также и от способа расчета. Выбор приема расчета, наиболее соответствующего геологическим особенностям месторождения и характеру разведки, — задача, связанная с оценкой месторождения.

Разработка методов расчета долгое время не выходила за рамки отдельных частных случаев подсчета запасов. Лишь в текущем столетии появляются работы, выдвигающие новые приемы подсчета [Бауман, 1908; Болдырев, 1926], и направляются усилия на создание методики количественного описания месторождений [Соболевский, 1932]. Возникает общая теория подсчета запасов полезных ископаемых [Журавский, 1931],

объединившая известные приемы и давшая начало новым [Журавский, 1932]. Методика подсчета получает дальнейшее развитие [Казаковский, 1940; Рыжов, 1952; Смирнов, 1960].

Количественная характеристика месторождения полезных ископаемых получает широкий размах и становится предметом ряда исследований [Разумовский, 1940; Родионов, 1961; Иванов, 1963]. Характерной их чертой является широкое использование математической статистики. Обилие наблюдаемых величин, разнообразие их качественных характеристик требуют в первую очередь систематизации и правильного количественного описания. Здесь мощную помощь оказывает математическая статистика с ее средствами описания больших совокупностей данных, выявления связи между ними, оценкой надежности получаемых выводов.

Развитие количественных методов описания и оценки месторождений ставит новые вопросы в отношении точности исходных данных. Встают задачи оценки операций опробования с позиции теории вероятностей, задача построения рациональных схем опробования, позволяющих получить представительные пробы. Построение теории опробования на новом основании — задача ближайшего будущего.

Внедрение математических методов в разведочное дело требует пересмотра планирования и ведения разведочных операций. Современные приемы разведочных работ с неизменными расстояниями между разведочными выработками должны смениться работами, проводимыми в тесной увязке с показаниями по уже заложенным выработкам, и направляться последними. Методика последовательного анализа, давшая значительное уменьшение объема опытных исследований, позволяет рассчитывать на большое сокращение стоимости и срока разведочных работ [Вальд, 1960]. Не меньше можно ожидать от применения методики теории игр и планирования операций к планированию и проведению разведочных работ [Мак Кинси, 1960].

Развитие разведочного дела, особенно поиски скрытых месторождений, потребовало создания новых приемов выявления областей, перспективных для разведочных работ. Двадцатые годы текущего столетия ознаменовались бурным ростом геофизических методов и их глубоким проникновением в разведку полезных ископаемых. В это время закладываются основы гравиметрической [Гирин, 1932] и магнитной [Бауман, 1927; Бахурин, 1925—1928; Казанский, 1938] разведки, развиваются электроразведка [Петровский, 1932; Бурсиан, 1933] и сейсморазведка [Гамбурцев, 1938], разрабатывается теория электрокаротажа скважин [Фок, 1933].

Математические методы получают обширную область для своего применения и широко используются для интерпретации результатов геофизических измерений. В связи с развитием технических средств геофизических исследований встают и решаются новые задачи. Возникает аэромагнитный метод [Логачев, 1936]. Развиваются приемы сейсморазведки и связанные с ними исследования распространения упругих волн в неоднородной среде [Петрашень, 1957]. Появление быстродействующих счетных машин вызывает перестройку методов обработки результатов измерений, открывая новые перспективы [Шалаев, 1961].

Геофизические методы повлекли за собой развитие геохимических приемов и радиоразведки. Новые приемы разведки поставили новые задачи перед математическими методами. Появились исследования по интерпретации результатов радиоразведки и гамма-каротажа [Булашевич, 1946].

Информация, доставляемая геофизическими и геохимическими методами относительно поисковых признаков на полезные ископаемые, ставит новые задачи о ее оптимальном использовании, оптимальном выборе границ областей, перспективных для производства разведочных работ. Новые математические средства обработки информации, в частности ме-

тоды линейного и нелинейного программирования, найдут здесь свое приложение.

Оценка и подсчет запасов месторождений нефти и газа много способствовали изучению движения подземных вод [Полубаринова-Кочина, 1952; Чарный, 1963]. Здесь гидрогеология теснейшим образом смыкается с гидромеханикой, используя математические методы и средства расчета. Однако использование результатов подземной гидравлики далеко не ограничивается связью гидрогеологии с математическими методами. В установившейся связи можно усмотреть лишь начало пути, который ведет к раскрытию роли водных растворов в общей картине химических процессов, происходящих в литосфере, и выяснению закономерностей, ими управляющих. В этих исследованиях обильную жатву должны собрать статистические методы в сопряжении с механикой, физикой и химией. Статистические методы изучения месторождений в целях раскрытия их генетики получили свое начало в отечественных исследованиях [Вистелиус, 1949, 1957] и за рубежом [Krumbein, 1954].

Приемы и методы биологической статистики с успехом используются в палеонтологии при изучении изменчивости видовых признаков и эволюции организмов [Сидяченко, 1960]. Более широкое их использование позволит внести большую точность в изучение развития органического мира, исследование влияния окружающей среды на обитающие в ней организмы, выяснение причин возникновения и отмирания последних в связи с общей эволюцией биосферы. Приложение математических методов к общим вопросам эволюции Земли находится в стадии развития [Джефрис, 1960]. Вопросы возникновения и развития литосферы и гидросферы, проблема образования современных материков, их эволюция, проблема горообразования, проблемы, связанные с образованием осадочных толщ и их изменением, уже вошли в сферу воздействия математических методов.

Весьма заманчиво привлечение теории вероятностей к анализу сложной складчатости или решению вопроса о механизме слоеобразования [Сарманов, 1948, Колмогоров, 1949].

Современная геотектоника нуждается в усовершенствовании приемов регистрации и анализа наблюдаемых фактов, в развитии способов их количественного выражения, оценке надежности первичной документации. Следует еще очень много сделать, чтобы построение динамической истории земной коры и математическая теория ее эволюции твердо стояли на почве наблюдаемых геологических фактов и контролировались ими.

Образцом применения математических средств в геологических науках является кристаллография. На ее примере видно, какой глубокий переворот влечет за собой внедрение математических методов, как совершенствуются, уточняются приемы научного исследования и какой силы и общности достигают выводы [Федоров, 1885, 1890]. Приведенный здесь список литературы ни в какой мере не представляет библиографии. В нем отмечены лишь вехи развития математических приложений к вопросам геологии и разведочного дела. Более исчерпывающие сведения читатель найдет в докладе экспертной комиссии ГГК СССР (1963 г.).

ЛИТЕРАТУРА

Бауман В. И. К вопросу об определении запасов месторождений. Горный журнал, т. 4, 1908.

Бауман В. И. Курс магнитометрии. Кубуч, 1927.

Бахурин И. М. Магнитное поле тел правильной формы с точки зрения магнитометрии. Изв. Ин-та прикладной геофизики, вып. 1, 1925; вып. 2, 1926; вып. 3, 1927; вып. 4, 1928.

Болдырев А. К. К теории подсчета запасов металла в расшурфованной россыпи. Горный журнал, т. 2, 1926.

Булашевич Ю. П. К теории интерпретации радиоактивных аномалий. Изв. АН СССР. Серия географ. и геол. № 5, 1946.

Бурсиан В. Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. Гостехтеоретиздат, 1933.

Вальд А. Последовательный анализ. Физматгиз, 1960.

Вистелиус А. Б. К вопросу о механизме слоеобразования. ДАН СССР, т. 65, № 2, 1949.

Вистелиус А. Б. Расчленение немых толщ по количественным минералогическим, петрографическим и химическим признакам. Зап. ВМО, ч. 86, вып. 1, 1957.

Гамбурцев Г. А. Сейсмические методы разведки. Геодезиздат, 1938.

Гирин С. К., Попов А. А. Основы гравиметрии. Кубуч, 1932.

Джеффрис Г. Земля, ее происхождение, история и строение. ИЛ, 1960.

Журавский А. М. Общие методы подсчета запасов рудных месторождений. Тр. Главн. геол.-разв. управл. ВСНХ СССР, вып. 116, 1931.

Журавский А. М. К методике подсчета запасов рудных тел. Тр. Главн. геол.-разв. управл. ВСНХ СССР, вып. 201, 1932.

Иванов Н. В. Новое направление в опробовании рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963.

Казаковский Д. А. Методика подсчета запасов полезных ископаемых и оценка точности подсчета запасов. Изв. МГИ, 1940.

Казанский А. П. Определение основных элементов залежи большой протяженности в глубину по данным гравиметрии и магнитометрии. Изв. АН СССР. Отд. естеств. и матем. наук, 1938.

Колмогоров А. Н. Решение одной задачи из теории вероятностей, связанной с вопросом о механизме слоеобразования. ДАН СССР, т. 65, № 6, 1949.

Логачев А. А. Опыт магнитной съемки с самолета. Разведка недр, № 17, 1936.

Мак Кинси Дж. Введение в теорию игр. Физматгиз, 1960.

Петрашень Г. И. Общая количественная теория отраженных и головных волн, возбуждающихся в слоистых средах с плоско-параллельными границами раздела. Вопросы динамич. теории распространения сейсмич. волн. Сб. 1, 1957.

Петровский А. А., Нестеров Л. Я. Электроразведка постоянным током. Гос. науч.-техн. геол.-развед. изд-во, 1932.

Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. Гостехтеоретиздат, 1952.

Разумовский Н. К. Характер распределения металлов в рудных месторождениях. ДАН СССР, т. 28, № 9, 1940.

Родионов Д. А. О виде функций распределения в изверженных горных породах. Тр. Ин-та минералогии, геохимии, кристаллохимии редких элементов. Вып. 6, 1961.

Рыжов П. А. Геометрия недр. Углетехиздат, 1952.

Сарманов О. В. О методе стохастических схем в геологии. Успехи матем. наук, т. 3, вып. 3 (25), 1948.

Сидяченко А. И. Опыт применения вариационной статистики при изучении *Cyrtospirifa* из раменских отложений хребта Каратау. Геология и геофизика, № 12, 1960.

Смирнов В. И., Прокофьев А. П. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1960.

Соболевский П. К. Современная горная геометрия. Социалистическая реконструкция и наука, № 7, 1932.

Федоров Е. С. Начала учения о фигурах. Спб, 1885.

Федоров Е. С. Симметрия правильных фигур. Спб, 1890.

Фок В. А. Теория определения сопротивления горных пород по способу карротажа. Гостехтеоретиздат, 1933.

Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика. Гостоптехиздат, 1963.

Шалаев С. В. О количественном геологическом истолковании сложных магнитных аномалий на электронных цифровых машинах. Прикладная геофизика, вып. 31, 1961.

Krumbein W. C. J. Amer. Statist. Assoc., v. 49, № 265, 1954.