

А. Н. ДМИТРИЕВ, С. А. АФАНАСЬЕВ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА*Состояние проблемы и постановка задач*

Рассмотрены возможности математической геологии при решении острых проблем геологической разведки в нефтяной геологии. Определены три составные части геологоразведки: естественно-научная, техногеологическая и математическая. Поставлены основные задачи геологоразведки, ориентированные на оптимизацию и управление разведочным процессом по принципу максимального прироста информации в общем ходе буровых работ.

Проникновение математических методов в сферу производственной деятельности геологов становится все более глубоким и разносторонним. Это проникновение особенно актуально для решения геолого-разведочных задач. Наметившиеся тенденции развития математических средств

и характер наращивания темпов и объема геолого-разведочных работ переводят в самостоятельную проблему задачу применения математики в геологоразведке*. Именно поэтому на этапе становления процесса широкого применения математических идей и вычислительных средств к задачам разведочного профиля требуется осмысление имеющегося опыта. Причем этот ретроспективный взгляд нацелен на выбор тактики и стратегии в ускорении процессов разведки с одновременным повышением ее эффективности. Предлагаемый нами подход касается не только вопросов массового математического анализа геолого-геофизических данных, но и внедрения приемов работы с информацией в логику и последовательность, структуру и цели разведочного процесса. Этот охват и рабочие возможности подхода опираются на специально разработанные математические методы и их апробирование в производственном режиме при решении задач геологоразведки.

Общая обстановка и ориентация

Интенсивный рост потребности в результатах деятельности геолога стимулирует поиски путей к повышению ее эффективности. Экстенсификация геолого-разведочных работ может достигнуть в ближайшем будущем своего предела. С каждым открываемым крупным и высокоприбыльным месторождением этот предел становится все ближе. По многим видам минеральных ресурсов нужды народного хозяйства будут удовлетворяться за счет мелких трудноразведываемых месторождений, отличающихся громадной финансоемкостью. Эта тенденция очевидна, и если она останется без каких-либо альтернатив, то возрастание необходимости в оптимизации разведочного процесса станет наиболее острой проблемой геологии. Именно поэтому уместно создавать интенсивные способы влияния на эффективность геологоразведки, опирающиеся на научные подходы решения проблемы.

Рассматривая геологоразведку в качестве предмета исследования, в ней можно выделить следующие три составные части: а) естественно-научное содержание геологоразведки, б) техногеологическое и в) математико-геологическое.

Естественно-научное содержание геологоразведки составляет основу предметного знания. Оно является каркасом геологической науки о полезных ископаемых. В этом разделе сконцентрирована информация о локализации перспективных (в плане применения) веществ и закономерностях их размещения. Накопленный веками понятийный и фактологический багаж оформлен «геологическим языком». Для обобщения, формулировок умозрительных принципов, классифицирования фактов, высказывания гипотез и т. п. геологи пользуются системой сказательных алгоритмов (умозрительных правил). Сказательные алгоритмы со временем превращались в предписания, рекомендации, инструкции, положения и пр. Предметы и процессы, описанные сказательными алгоритмами, подвергались неоднократной систематике, приемлемой для очередного звена геологоразведки — техногеологического.

Техногеологическая составная часть геологоразведки представляет собой ее наиболее интенсивно проявляющуюся сторону. Если на естественно-научном уровне исследование объектов проводится в режиме наблюдательно-описательном, то на техногеологическом уровне исследование объекта производится с помощью технических средств. По мере возрастания разнообразия и мощности техники к геологам поступает конкретная информация о предмете исследования. Техногеолог расширяет поле наблюдений, получая вещественный материал с глубоких слоев и оперируя разнообразными данными геофизических полей. Новые данные вызвали такие предположения, которые начали входить в противоре-

* Под геологоразведкой нами понимается весь процесс научно-производственного исследования месторождений, нацеленный на выяснение геологических и техногеологических условий.

чие со старыми. Поэтому геологи начали видоизменять свои представления учетом данных техногеологии. В свою очередь техногеолог, стремясь кратчайшим путем реализовать свои цели, предлагает собственные картины и модели исследуемых объектов, помогая этим работе геолога. Число систематик и моделей начало расти. Возрастание размаха и разнообразия техногеологических работ переводит процесс построения общих разведочных схем, приемлемых для геологов и техногеологов, в режим острого диалога. Этот диалог локализовал задачи геологоразведки по «качеству» тех или иных территорий и таким образом переложил ответственность за эффективность разведки на «техническое вооружение». Но «примат техники» умалил роль геологов в разведке. Геологи же начали создавать пестрые и детальные картины тех или иных генетических типов месторождений. Обилие информации поощрило также и высококую «продуктивность» ряда научных работников, которые, умело маневрируя среди информационных потоков, поставляемых полевыми и техногеологами, усложнили геологию противоречивыми моделями. С середины 60-х годов начала зарождаться третья составная часть современной геологоразведки — математическая геология.

Математическая геологоразведка на первых этапах становления в качестве предмета своего исследования принимала совокупность описаний геологических объектов и (или) процессов. При этом математическая геология исследует описания объектов независимо от способа получения данного описания. Требования со стороны математиков, в ряде случаев, для геологов оказались непомерными. Работа математиков в связи с этим была затруднена, а их продвижение в задачи геологоразведки началось с «безмодельных» постановок задач, т. е. задач, решая которые следовало «хоть что-то понять или уточнить». Позже возникли задачи со строгим целеуказанием, с предварительной моделью разведочного процесса (чаще всего ее некоторого звена). Этому процессу внедрения математики в геологоразведку способствовало также и получение эффекта от решения задач геологоразведки и наличие количественной информации.

Но геолого-разведочные задачи оказались столь трудоемкими, многокомпонентными по своей структуре, что продвижения, например в плане оптимизации разведочного процесса, потребовали не одного года [35, 37—39].

Относительно общей тенденции развития и возникновения математических методов и применения вычислительных средств можно отметить, что по мере получения первых обнадеживающих результатов возрастали глубина и разнообразие задач геологоразведки. В это время предпринимались попытки создания «теоретической геологии» на целиком формализованной математической основе [11, 14—16]. Шла также методологическая проработка проблем возникновения и развития математической геологии [9, 11, 18]. Задачи геологоразведки довольно быстро преобразовались в основной полигон испытания практических возможностей разрабатываемых алгоритмов и реализующих их программ на ЭВМ [1, 4, 14, 34, 44]. Сформировались коллективы, которые свою деятельность нацеливали на поиск пригодных для геологии направлений в прикладной математике и решение конкретных производственных задач [5, 7, 8, 10, 20—26, 28—30, 36]. Постановления 1967 г. (результат краткосрочной деятельности Комиссии под председательством академика М. А. Садовского) утвердили статус математической геологии и применение вычислительных средств в качестве равноправной отрасли геологических знаний и производственных возможностей. Возникшие в геологических управлениях отраслевые ВЦ ускорили выполнение этих постановлений своим энтузиазмом. На первых этапах их работы были автоматизированы рутинные процедуры бухгалтерии и «наведен порядок в исходной информации». Позднее выросли и математические требования, конкретизировались геологические постановки — все стало трудоемким.

Математические средства и очередное поколение ЭВМ проникли в геологию прочно. Геологоразведка стала насыщаться автоматизированными системами картопостроения. Появляются эффективные подходы к оптимизации и управлению разведочными процессами [4, 6, 12, 13, 42]. При этом возникло устойчивое подразделение. По одному руслу [11, 14] исследуется существующий уровень геологоразведки, выявляются недостатки и отсутствующие звенья, намечаются пути реорганизации особо финансово тяжелых звеньев. По другому руслу (более наукоемкому) идет поиск надежных схем решения задач основных целей разведки, ее оптимизации и управления с момента заложения первой разведочной скважины [2—4, 17, 19].

Таким образом, ЭВМ сыграли двоякую роль в геологоразведке: они впустили математические средства во внутренние сферы разведки и потребовали теоретической культуры в создании и применении решающих алгоритмов. Методологически, на наш взгляд, эта культура состоит в создании триединства содержаний: естественно-научного содержания геологоразведки, техногеологического и математико-геологического аспектов.

Задачи геологоразведки

Весь комплекс задач поисков и разведки месторождений полезных ископаемых делится на несколько групп: геологические, методические, технические и технологические задачи. Из приведенного списка математическими методами решаются, главным образом, задачи первых двух групп, как представляющие наибольший интерес для геологов. Для задач первой группы характерно, что при известной самостоятельности наблюдается их общность и взаимная унаследованность, просматривающаяся на всех этапах и стадиях геолого-разведочных работ. Это касается и методической преемственности, особенно в задачах, сводимых к методам распознавания образов. Например, в «Положении об этапах и стадиях геолого-разведочных работ на нефть и газ» [33] для каждой стадии или подстадии сформулированы 3—4 основные задачи. Эти задачи, независимо от их принадлежности к конкретной стадии или подстадии, в принципе объединяются в несколько типов, каждый из которых характеризует общность цели всего поисково-разведочного процесса (изучение ресурсов углеводородного сырья и их оценка; изучение геологического строения объекта — бассейна, региона, месторождения, залежи и т. д.).

Привлечение математических средств для решения геологических задач, связанных с особенностями анализа табличной информации, подразделяет эти задачи на основные — имеющие непосредственное отношение к решению поставленной геологической задачи и попутные — возникающие в геологическом отношении параллельно основной задаче, а в математическом — вытекающие из особенностей и возможностей применяемых алгоритмов [5, 6, 10, 13, 19, 27].

Основные задачи геологоразведки возникают на любом этапе геолого-разведочного процесса. Как правило, это задачи геологической и методической групп. Зачастую основные задачи геологической группы являются прогнозными. Сюда относятся задачи прогноза зон развития пород — коллекторов, прогноз нефтегазоносности локальных поднятий на добуровой стадии их изученности, прогноз качества коллекторов по производительности и т. д.

Попутные задачи дополняют решение основных. Например, при решении прогнозной геологической задачи на материале обучения различными алгоритмами выявляется информативная, относительно цели, система признаков. Эта система, как правило, состоит из параметров, которые либо вносят индивидуальный вклад в разделение исследуемых объектов, либо состоят в логически обусловленной связи с другими признаками. Выявляемые информативные системы могут быть результатом попутного решения задачи машинного обнаружения закономерности (МОЗ), которые позволяют не только получить разделение изучаемых

классов объектов, но и вскрыть причины различия изучаемых объектов (эталонов). Специфика обработки первичной табличной информации некоторыми алгоритмами [24, 31, 32] предусматривает перевод количественной информации в бинарный вид. Процедура бинарного кодирования признаков включает нахождение для каждого из них граничных чисел между изучаемыми классами. Решая задачу разделения классов (например, пород-коллекторов и неколлекторов), одновременно с помощью этой процедуры можно определить нижние пределы пород-коллекторов — граничные числа по всем характеристическим признакам, описывающим изучаемые объекты.

Задачи геолого-прогнозного характера широко применяются на региональном и ранних стадиях поискового этапа геолого-разведочных работ на нефть и газ. Они позволяют более обоснованно выбрать структуры и площади для постановки глубокого поискового бурения. В несколько меньшей мере прогнозные задачи находят применение на разведочном этапе. Решение прогнозной задачи нахождения границ развития пород-коллекторов на разведываемых залежах, приуроченных к ловушкам ЛСК-типа (литологическим, стратиграфическим и комбинированным), дает возможность избежать заложения большого количества сухих скважин. Таким образом осуществляется значительное влияние на рациональное размещение поисково-разведочных скважин и, по сути дела, происходит непосредственное воздействие на формирование методики в целом. Здесь намечается переход к задачам методического плана, а именно — к актуальным задачам оптимизации разведки месторождений. Они являются наиболее важными основными задачами, которые затрагивают вопросы не только геологии, но и экономики, бурения и пр.

В понятие оптимизации поисково-разведочных работ на нефть и газ входит обширный круг вопросов, прежде всего о необходимом и достаточном для проведения качественной разведки месторождения количестве скважин, их рациональном размещении на площади месторождения, очередности их бурения.

Создание методов оптимизации разведки месторождений нефти и газа ведется в строгом следовании главной цели, состоящей в получении геологических данных, необходимых для подсчета запасов на месторождении и передачи его в разработку. Различные методы оптимизации решают задачу достижения главной цели разведки минимальными затратами, в частности минимальным числом скважин.

При разработке различных методов оптимизации разведки целесообразно обращаться к изучению и обобщению уже имеющегося опыта разведочных работ. К настоящему времени предложены различные подходы к решению одной из главных задач методики разведки — определению оптимального числа скважин и рациональному их размещению. Разработаны оценки точности определения тех или иных параметров, получаемых в результате разведки. Оптимизационные задачи решаются для отдельных месторождений или их определенных типов [12, 17, 31, 40—42]. Для разных геологических ситуаций разработаны соответствующие подходы, оптимизирующие тот или иной существенный для разведочного процесса показатель. Так, в случае «равноплощадного» подхода выявляется оптимальная плотность сети разведочных скважин [31], для «равнообъемного» подхода даны оценки числа скважин в ситуации залежей массивного типа [17]. Разрабатываются методы оценок точности определения параметров залежей. Задача оптимизации размещения скважин нашла свое решение применением сплайн-аппроксимации, оценивающей погрешности построения карт геологических параметров [12, 13]. В этом направлении осуществляется и переход к решению задач управления разведочными процессами с момента получения первых результатов на исследуемом объекте. По мере накопления опыта решения задач и расширения возможностей математических средств оказалось, что задачи анализа и оптимизации разведки можно решать методом покрытий [2—4].

Опыт информационно-адаптивной оптимизации разведки месторождений нефти и газа, осуществленный в ИГиГ СО АН СССР [2—4, 38], основан на учете главной цели геолого-разведочных работ и рассмотрении всего процесса разведки в качестве информационной проблемы. В соответствии с этими особенностями подхода задача разведочного процесса формулируется как максимизация информационного прироста, освещающего геологию исследуемого месторождения минимальным числом скважин. Далее, если последовательность локально-оптимальных решений на каждом шаге разведочного процесса корректируется таким образом, что каждое последующее заложение скважины контролируется полученным результатом от предыдущей, то такой принцип оптимизации решений называется адаптивным. С учетом общей формулировки задачи и понятия адаптивности каждая последующая скважина должна закладываться так, чтобы прирост информации по исследуемой территории был максимальным. Так возникает принцип максимальной информативности разведочного процесса. Поскольку в исследовательском аспекте результатом геолого-разведочных работ являются всевозможные (в смысле охвата целевых параметров разведки) карты, которые отстраиваются по данным скважины, то и саму скважину можно интерпретировать как информоноситель о точках геологической поверхности с относительно устойчивыми целевыми и иными параметрами разведки. Совокупность таких точек, объединяющая информационные массивы данных разведочных параметрах, образует зону обоснованности. Размеры этих зон определяются интенсивностью изменения целевых, структурных и других параметров в их пределах. Рисовка карт параметров разведки является достоверной только в пределах зон обоснованности. В этом случае говорят о принципе обоснованности параметров разведки бурением.

Итак, решение главных задач методики разведки месторождений адаптивным подходом состоит из принятия решений по каждой скважине и последовательного применения этих решений в общей схеме решения задачи оптимизации.

По каждой отдельной скважине принятие решений производится в следующем порядке: 1) мобилизация и учет наличной информации; 2) поиск информоемкой точки заложения скважины, для которой ожидается максимальный прирост информации; 3) оценка обоснованности параметров и выделение зон обоснованности по результатам законченной бурением скважины.

Конечные результаты предложенной схемы оптимизации фиксируются в виде карты зон обоснованности бурением. В информационном аспекте эти зоны обоснованности являются полигонами, в пределах каждого подсчетные параметры с достаточной точностью обоснованы пробуренной скважиной (при условии полного выполнения в ней комплекса геолого-геофизических исследований). Запасы в пределах зон обоснованности подсчитываются по высоким категориям. Запасы вне зон обоснованности могут классифицироваться лишь по категории C_2 .

Заключение

1. Быстрорастущие информационные фонды геологоразведки привлекают внимание кажущимися легкими возможностями в решении проблем геологоразведки с помощью ЭВМ. Но наряду с общим возрастанием количества и разнообразия данных возрастает и ненадежность исходных данных (так как высококвалифицированных полевиков становится все меньше). Мешает также растущее число попыток «установить ясность в информации» со стороны людей, недостаточно компетентных в работе с массовой разнородной информацией [43, 44].

2. Часто неграмотно осуществляемый процесс порождения информации из информации приводит к формированию банков вторичной инфор-

мации, которые применяются для дальнейшей переработки по ложным целям. Добротные фактические данные о процессах и объектах нередко привлекаются для построения тех или иных умозрительных моделей, что снижает полезность дорогостоящих исходных данных. Информационные затруднения возникают оттого, что действует неписанное правило «частной собственности на информацию». Тормозит также и недоверие технологов к результатам решения задач («люди, никогда не занимавшиеся разведкой, дают нам указания»). Иногда возникают утверждения, что математические разработки и применения ЭВМ неэффективны: «Столько лет прошло, а где результаты?» Скромность же результатов часто бывает следствием необъективных оценок вклада науки в разведочный процесс.

3. Ситуация выглядела бы безнадежной, если бы не существовало счастливых исключений, когда производственники сами энергично идут навстречу математическим возможностям по преодолению трудных мест управления и оптимизации разведочных процессов. Единичные случаи паритетного решения задач (с равнозначным участием геологического знания, техногеологических возможностей и математико-геологических средств) совершенствуют модель согласованной работы в достижении значимых народно-хозяйственных результатов. Увеличение числа благоприятных совместных решений в современной геологоразведке неизбежно привлечет внимание администрации. Поэтому крайне важно наращивать усилия в решении конкретных задач.

Трудности и сложности, возникающие по мере расширения теории и практики геолого-математических разработок, естественны и преодолимы. Наш оптимизм по поводу решения указанных проблем подкрепляется также и быстро растущими возможностями математического обеспечения и быстродействием ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аронов В. И. Методы математической обработки геологических данных на ЭВМ.— М.: Недра, 1977.— 183 с.
2. Афанасьев С. А. Основные положения оптимизации разведочного процесса методом покрытий зонами обоснованности // Геология нефти и газа.— 1983.— № 4.— С. 14—18.
3. Афанасьев С. А., Красавчиков В. О. Анализ результатов поисково-разведочных работ на месторождениях нефти и газа с использованием покрытий «информационными множествами» // Геология и нефтегазоносность мезозойских седиментационных бассейнов Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983.— С. 155—166.
4. Афанасьев С. А., Красавчиков В. О. Задачи прогноза и оптимизации при разведке месторождений нефти и газа.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.— 134 с.
5. Бабич В. В., Федосеев Г. С. Прогнозная оценка железорудных объектов Кондомского района Горной Шории // Логико-математическая обработка геологической информации.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1976.— С. 101—117.
6. Белонин Н. Д., Буялов Н. И., Захаров Е. В. и др. Факторный анализ в геологии.— М.: Недра, 1982.— 289 с.
7. Бишаев А. А. Метод нахождения целевой информативности признаков. Применение математических методов и ЭВМ для решения прогнозных задач нефтяной геологии.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1973.— С. 55—56.
8. Бондаренко В. К. Сравнительный анализ геологических объектов с закономерной изменчивостью.— М.: Недра, 1978.— 242 с.
9. Боровиков А. Н. Стратиграфия и математика.— Хабаровск, 1974.— 180 с.
10. Бугаец А. Н., Буденко Л. Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых.— М.: Недра, 1976.— 285 с.
11. Введение в теорию классификаций.— Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1982.— 240 с.
12. Волков В. А. Моделирование геологических поверхностей в связи с задачами размещения скважин и установления достаточности разведки нефтяных месторождений.— М., 1977.— 71 с. (Обзор ВИЭМС. Математические методы исследований в геологии.)
13. Волков А. М., Никашкин А. М., Яковлев В. М. Оптимизация размещения разведочных скважин с помощью ЭВМ // Геология нефти и газа.— 1978.— № 11.— С. 31—38.
14. Воронин Ю. А. Исследование операций при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983.— 285 с.

15. Воронин Ю. А., Алабин Б. К., Гольдин С. В. и др. Геология и математика.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967.— 251 с.
16. Воронин Ю. А., Алабин Б. К., Эпштейн и др. Геология и математика. Ч. 2.— Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1970.— 310 с.
17. Габриэлянц Г. А., Карлушин В. З., Пороскун В. И. Методы разведки массивных залежей нефти и газа.— М.: Недра, 1978.— 137 с.
18. Груза В. В. Методологические проблемы геологии.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1977.— 250 с.
19. Дементьев Л. Ф. Математические методы и ЭВМ в нефтегазовой геологии.— М.: Недра, 1983.— 189 с.
20. Дмитриев А. Н. Логико-математические средства в задачах прогнозно-поискового профиля. Геолого-геохимические критерии нефтегазоносности.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— с. 14—32.
21. Дмитриев А. Н. Новые тестовые разработки в задачах прогнозирования рудности. Математические методы при прогнозе рудности.— М.: Наука, 1977.— с. 104—163.
22. Дмитриев А. Н., Кренделев Ф. П., Бишаев А. А. и др. Организация и обработка геологической информации с помощью ЭВМ на основе построения тупиковых тестов // Логико-информационные решения геологических задач.— М.: Наука, 1975.— С. 83—128.
23. Дмитриев А. Н., Макаров С. В., Смертин Е. А. и др. Метод согласованных оценок.— Новосибирск, 1982.— 132 с.
24. Дмитриев А. Н., Красавчиков В. О. Процедуры математической обработки описаний нефтяных месторождений // Геология и геофизика.— 1976.— № 11.— С. 86—96.
25. Константинов Р. М., Демидова Н. А., Сиротинская С. В. и др. Логико-информационные методы оценки рудных месторождений.— М.: Наука, 1977.— 135 с.
26. Константинов Р. М. Математические методы количественного прогноза рудности.— М.: Недра, 1979.— 183 с.
27. Красавчиков В. О. Модификация тестового подхода к анализу таблиц описаний на основе понятия тупикового табличного свойства: Автореф. канд. дис.— Саратов, 1982.— 16 с.
28. Логико-математическая обработка геологической информации.— Новосибирск, 1976.— 151 с.
29. Логико-информационные исследования в геологии.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1977.— 146 с.
30. Математические методы решения прогнозных задач нефтяной геологии.— Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1978.— 151 с.
31. Мелик-Пашаев В. С. Методика разведки нефтяных месторождений.— М.: Недра, 1968.— 183 с.
32. Миллер Р., Кан Дж. Статистический анализ в геологических науках.— М.: Мир, 1965.— 380 с.
33. Положение об этапах и стадиях геолого-разведочных работ на нефть и газ.— М.: ВНИГНИ, 1983.— 15 с.
34. Поротов Г. С. Математические методы при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых.— Л.: ЛГИ, 1977.— 65 с.
35. Применение математических методов и ЭВМ для решения прогнозных задач нефтяной геологии.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1973.— 81 с.
36. Родионов Д. В. Статистические решения в геологии.— М.: Недра, 1981.— 290 с.
37. Сухов Л. Г., Дуденко Л. Н., Наторхин И. А. Количественные методы прогнозирования эндогенных рудных месторождений.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1981.— 138 с.
38. Трофимук А. А., Дмитриев А. Н. Нефтепрогноз как информационная проблема // Математические методы решения прогнозных задач нефтяной геологии.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1978. С. 3—35.
39. Трофимук А. А., Вышемирский В. С., Дмитриев А. Н., Карагодин Ю. Н. Методы прогнозной оценки нефтегазоносных районов Сибири.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1982.— 52 с.
40. Усманов Ф. А. Основы математического анализа геологических структур.— Ташкент: Фан, 1977.— 165 с.
41. Федосеев Г. С., Бабич В. В., Лебедев В. И., и др. Распознавание образов в задачах качественного прогноза рудных месторождений.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.— 206 с.
42. Харбух Дм. У., Давтон Дж. Х., Дэвис Дж. К. Применение вероятностных методов в поисково-разведочных работах на нефть.— М.: Недра, 1981.— 310 с.
43. Шарапов И. П., Мадатов Э. Х., Скобелин Е. А. О революции в геологической науке (полемические заметки).— Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1983.— 18 с.

*ИГиГ СО АН СССР
Новосибирск*

*Поступила в редакцию
7 августа 1986 г.*

A. N. Dmitriev, S. A. Afanasiev

MATHEMATICAL METHODS AND GEOLOGIC EXPLORATION

The paper discusses the potential of mathematical geology in solving key problems of oil exploration. There were determined three constituent parts of geologic exploration: natural-scientific, technical-geologic and mathematical. The principal tasks of geologic exploration set here are guided by optimization and control of exploration after the principle of obtaining maximum information in general process of boring.
