Записки Ленинградского ордена Ленина,
ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени
горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 2, 1974 г.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В БЛИЗКОМ И БОЛЕЕ ОТДАЛЕННОМ БУДУЩЕМ

Доктор геол.-мин. наук Е. О. ПОГРЕБИЦКИЙ
(Ленинградский горный ин-т)

Попробуем заглянуть на 50 лет вперед. Развитие поисков и разведок в будущем 50-летии будет резко отличаться от прошлого. Современная научно-техническая революция должна повлиять и на геологоразведочное дело. В чем, в каких направлениях можно предусмотреть это влияние?

В наших прогнозах будем исходить из двух предпосылок.

1. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых развиваются в соответствии с потреблением минерального сырья, техникой, технологией и экономикой добычи, обогащения и переработки его.

2. Все, что будет внедрено в поиски и разведку ближайших 50 лет, имеет свои начала (может быть, в зародышевом виде) в теории и практике прошедших 50, поскольку современная научно-техническая революция основана на достижениях науки и техники первой четверти XX столетия.

Горная промышленность ставит перед геологией следующие задачи.

1. Рост объемов производства минерального сырья. За последние 50 лет количество потребляемого в мире минерального сырья в среднем возрастало вдвое за каждые 12—14 лет, а энергетических видов сырья, главным образом нефти и газа — за 10—12 лет. В настоящее время такой темп роста потребления минерального сырья сохраняется.

На 9-ю пятилетку в СССР запланирован рост производства горнодобывающей промышленности: по нефти в 1,4, по газу в 1,6, по углю в 1,1, по железной руде в 1,3, по цветным металлам в 1,4, по цементу в 1,3 и по минеральным удобрениям в 1,3 раза. Это соответствует в среднем удвоению продукции за 10—12 лет.

Необходимо учитывать и быстрое расширение разновидностей добываемых полезных ископаемых. Если в начале XX в. их извлекалось из минерального сырья 25—30, то в настоящее время добываются почти все элементы таблицы Менделеева. Бурно развивается производство урана, алюминия, магния, титана, кобальта, бериллия, бора, редких и рассеянных элементов.

Неравномерно развивается потребление отдельных видов полезных ископаемых. Так, необычный рост потребления бокситов, магниевых и титановых руд не отразился на потребности в железной руде: это не конкурирующие, а дополняющие друг друга полезные ископаемые. Только нефть и газ конкурируют с углем.

Реальным источником по замене энергетических видов минерального топлива может быть ядерная энергия. Вероятно, в течение ближайших 50 лет физики ею овладеют. Но нельзя реально предполагать, что к 2020 г. она полностью заменит минеральное энергетическое топливо. В лучшем случае не станут строить новых тепловых электростанций, но старые будут продолжать работать на угле, газе и нефти. Кроме того, пока не ясно, чем можно заменить углеводороды минерального топлива в химической промышленности.

Таким образом, мы должны быть готовы к росту потребления и, следовательно, к росту количества разведанных активных запасов минерального сырья в течение ближайших 50 лет не менее чем в 16 раз (удвоение за 12 лет). Отдельные же виды минерального сырья будут потребляться в бо́льших размерах. Так, быстрыми темпами растет добыча сырья для минеральных удобрений.

Синтетические и другие заменители к 2020 г. не сократят потребления натуральных сельскохозяйственных продуктов. Искусственное минеральное сырье также не заменяет полностью природного (алмазы, кварц, слюда и т. п.).

2. Проблема истощения запасов минерального сырья. Из проблемы экспонентного роста потребления сырья возникает новая — проблема источников покрытия его расхода. В геолого-экономической литературе часто встречаются суждения о постоянном, все возрастающем истощении минерально-сырьевых ресурсов. Уже в начале XX в. в США высказывались опасения об исчерпании ресурсов нефти через 20—30 лет. И в отношении других полезных ископаемых нередко высказывалось мнение, что возможность успешных их поисков за счет так называемых легкооткрываемых месторождений исчерпана или почти исчерпана. Однако опыт поисковых и разведочных работ за последние 15—20 лет опровергает такую точку зрения. Достаточно вспомнить некоторые последние открытия в СССР: месторождения газа и нефти в Западной Сибири и на Полярном Урале, медно-никелевых руд Талнаха в районе Норильска, магнетитовые месторождения Тургайского прогиба, месторождения золота в Узбекистане и др. Крупные открытия новых нефтеносных, газовых и рудных провинций и площадей известны и за рубежом. Назовем, к примеру, газовые месторождения Северного моря в Европе, нефть Аляски и Сахары, железорудную провинцию, тяготеющую к Гудзонову заливу, ряд крупных месторождений кобальта в Канаде, железорудные, полиметаллические и никелевые месторождения Австралии и др. Угроза истощения минеральных ресурсов земной коры пока еще не стоит. Однако если годовая добыча железной руды в СССР составляет около 375 млн. *т*, а за 50 лет она возрастет примерно до 4,5—5 млрд. *т*, то надо заботиться уже теперь об источниках покрытия таких расходов. При этом необходимо иметь в виду, что запасы карьерных и шахтных полей при такой добыче должны быть не меньше 100—150 млрд. *т*, а срок на разведку месторождения, строительство горнорудного предприятия и освоение его проектной мощности составляет 8—12 лет.

3. Проблема географического распределения минеральных ресурсов. Запасы железных руд Курской магнитной аномалии оцениваются сейчас в 44 млрд. *т*, и здесь можно развивать ежегодную добычу руды до нескольких сотен миллионов тонн в год. Но надо иметь в виду и географическое распределение минерально-сырьевых баз. Через 50 лет транспортные средства коренным образом изменятся, и возможности в этом отношении возрастут. Но повысятся и потребности в транспорте, и в 2020 г. будет также экономически нецелесообразно перевозить же-

лезную руду из Белгородской области на уральские заводы или даже в Череповец. Для этих заводов необходимы более близкие железорудные базы. Это относится и к существующим заводам Казахстана, Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии и Закавказья. Поэтому даже при избытке разведанных запасов известного минерального сырья в отдельных районах страны остается напряженное положение с поисками и разведкой его в других районах. Все вышесказанное относится к таким широко распространенным полезным ископаемым, как уголь, железные и агрономические руды, флюсы, строительные материалы. Другие полезные ископаемые (цветные, редкие и драгоценные металлы, асбест, слюда, алмазы и т. п.) встречаются значительно реже, и по ним почти всегда имеется дефицит в разведанных месторождениях.

4. *Новые источники пополнения запасов минерального сырья.* При интенсификации разработки месторождений полезных ископаемых годовое понижение подземных выработок в среднем составит 30—50 *м*, глубины горных предприятий за 50 лет могут достигнуть 1500—2500 *м*. Вряд ли основная масса горных разработок достигнет этих пределов. Работа для горняков на таких глубинах вредна и опасна. При самых высоких темпах развития горнодобывающей техники нельзя ожидать в течение ближайших 50 лет повсеместно перехода горных выработок и добычи полезных ископаемых на автоматические агрегаты дистанционного управления, без подземных рабочих. Таким образом, глубина разведки определяется расстоянием от дневной поверхности до 2—2,5 тыс. *м*. В среднем можно считать, что глубина разведки увеличится в 3—4 раза.

С геологической точки зрения, по насыщенности минеральным сырьем указанные горизонты не должны отличаться от верхних (приповерхностных), и, следовательно, с углублением разведки можно ожидать значительного прироста запасов сырья. Другим новым, почти еще не тронутым перспективным источником являются запасы сырья в области морского шельфа и на океаническом дне. Наконец, большие возможности увеличения запасов минерального сырья обещает более полное и рациональное его использование, в частности, использование комплексных полезных ископаемых и убогих руд за счет развития методов обогащения.

5. *Проблема эффективности разведки* — это, в основном, проблема поисков и разведок «богатых» руд и месторождений. Богатыми могут быть не голько руды с высокими содержаниями, но и легко обогатимые и вскрываемые, а также месторождения с благоприятными условиями строительства предприятия и его эксплуатации, т. е. руды и месторождения, экономически наиболее выгодные в любом случае, выше средних по рентабельности и срокам окупаемости капиталовложений. И через 50 лет будет продолжаться борьба за повышение общественной производительности труда и, соответственно, за высокие экономические показатели горнорудного производства. Поэтому перед геологоразведочной службой всегда будет стоять задача отбора более богатых (экономически эффективных) месторождений, для чего необходимо иметь хотя бы несколько предварительно разведанных месторождений одного и того же сырья. Решить проблему отбора лучших месторождений — значит повысить эффективность геологоразведочных работ.

6. *Проблема достоверности разведки.* Повышение производственной мощности горнорудных предприятий, внедрение в разработку месторождений полезных ископаемых разнообразных средств механизации и их комплектирование неизменно требовали более детальных проектных разработок, отвечающих изменчивости горногеологических условий

в пределах поля. Для проектных решений и разработок имеют значение все основные геологопромышленные параметры месторождения или залежи полезного ископаемого: мощность, контур, форма и строение рудного тела, его условия залегания, в том числе тектоника, характеристика боковых пород, гидрогеологические и инженерно-геологические условия, газоносность, термальный режим. При этом необходимо знать не только средние показатели, но и динамику их изменчивости в пределах поля. Неподтверждение геологоразведочных данных при эксплуатации ведет к нарушению планомерности эксплуатации, иногда — к изменениям в технологическом процессе, постоянно — к потерям темпа и времени и, соответственно, к повышению себестоимости добычи и сверхпроектным потерям полезного ископаемого.

Для планомерной, в соответствии с проектом, работы обогатительных фабрик не менее важна достоверность определения качества, технических и технологических свойств полезного ископаемого.

За последние 30—50 лет постоянно возрастали требования к достоверности разведки. Не следует считать, что через 50 лет можно будет ограничиться при разведке месторождения более общими характеристиками геологопромышленных параметров. Даже если предположить, что будут сконструированы и широко внедрены в проходку подземных выработок и добычу полезных ископаемых автоматические, дистанционно управляемые, самонастраивающиеся агрегаты и установки, то и тогда для программирования их работы необходимо будет заранее, до проекта, знать изменчивость обстановки, в которой они будут работать.

Итак, мы можем предположить, что, в соответствии с требованиями горной промышленности, через 50 лет перед геологами-разведчиками будут стоять принципиально те же проблемы, что и теперь: а) неуклонно и экспонентально расширять минерально-сырьевую базу; б) улучшать ее географическое размещение; в) повышать экономическую эффективность разведки, т. е. открывать, разведывать и передавать в эксплуатацию наиболее богатые месторождения; г) обеспечивать необходимую полноту и достоверность характеристики геологопромышленных параметров месторождений. Эти проблемы приобретут, конечно, некоторые специфические особенности, обострятся; особенное значение, вероятно, будут иметь скорость и качество геологоразведочных работ, их эффективность.

Какие же проблемы стоят перед учением о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых?

До сих пор развитие геологоразведочных работ заключалось в неуклонном росте их объемов, совершенствовании отдельных способов и приемов геологических исследований, в их решающей способности, эффективности и представительности. В настоящее время отдельные методы получения необходимой первичной геологической информации механизированы и некоторые из них автоматизированы, особенно это относится к геофизическим и геохимическим методам поисков и разведки. На развитие геологической съемки и поисков большое влияние оказали аэрофотометрические и аэрогеологические методы. Высокопроизводительным способом получения первичной геологической документации является также бурение поисковых и разведочных скважин в сочетании со скважинной геофизикой и геохимией. Достигнуты большие успехи в разработке методики изучения вещественного состава пород и полезных ископаемых; имеются методы и приборы, которые позволяют вести тонкие исследования на молекулярном и атомном уровнях; спектральные и физико-химические методы анализов достигли высокой

степени производительности и разрешающей способности. Вместе с тем следует признать, что методы опробования, особенно отбора проб и их обработки, недостаточно прогрессивны: здесь преобладает ручной труд. Особенно отстает технологическое опробование минерального сырья: исследования технологических проб ведутся медленно, технологические схемы разрабатываются эмпирически, заключения не всегда надежны. Недостоверны также бывают заключения о газовом режиме будущих горных выработок, о притоках в них воды, об устойчивости боковых пород.

Проблема геологической документации. Геологическая документация все еще ведется устаревшими способами. Описание обнажений, документации горных выработок и керна буровых скважин, определение элементов залегания пород, их контактов, стратиграфические, литологические, петрографические, минералогические и фациальные наблюдения производятся главным образом визуально. Такие наблюдения всегда в известной мере субъективны. Мера достоверности информации зависит от квалификации и добросовестности наблюдателя. Известны грубые ошибки в первичной геологической документации, которые приводили к неправильным геологическим построениям и заключениям. Во избежание ошибок геологической документацией занимаются многие высококвалифицированные геологи, которых можно было бы использовать на творческой работе.

Достижения научно-технической революции позволяют ставить вопрос о коренном преобразовании в геологической документации. В первую очередь необходимо разрешить проблему механизации и автоматизации геологической документации путем внедрения экспресс-методов определения структуры и текстуры пород, их физических свойств, химического и минерального состава, условий залегания, характера контактов и т. п. Кое-что в этом направлении уже сделано: например, введены гамма-гамма- и магнитный каротаж буровых скважин, электронные методы определения состава пород, фото- и ультразвуковая документация горных выработок и т. п. Теперь необходимо сделать соответствующие методики комплексными, скоростными, охватывающими все вопросы геологической документации с достаточной разрешающей способностью. Геологическая информация в идеале должна быть автоматизированной, с поисковых и разведочных объектов подаваться в ЭВМ и храниться в соответственных информационных банках.

Значительные сдвиги, а возможно, и полное решение проблемы первичной геологической документации можно ожидать через 50 лет.

Проблема геологического прогнозирования. В поисках и разведке месторождений, кроме геологических наблюдений, имеется вторая, принципиально отличная сторона, — обобщение полученных наблюдений. Обобщение первичных геологических наблюдений — это интерполяция и экстраполяция дискретных данных в пределах объемного контура, т. е. прогноз об изменении геологических явлений, условий и характеристик вне точек наблюдений.

Прогнозы строятся, исходя из определенных геологических закономерностей. В основе прогноза лежат некоторые теоретические предпосылки. Теоретические построения учения о геологии, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых базируются на теории остальных геологических наук, в первую очередь стратиграфии, учения о фациях, литологии, петрологии, минералогии, геотектоники и структурной геологии. Состояние теории геологических наук в настоящее время таково, что многие прогнозы на разных уровнях блестяще оправдываются. Однако не редкое явление и ошибки в геологических прогнозах.

К сожалению, они выявляются лишь при эксплуатации месторождения, т. е. слишком поздно, чтобы их можно было бы учесть при оценке месторождения и составлении проекта предприятия.

Разработка теории геологических прогнозов в дальнейшем должна быть направлена на повышение общего уровня достоверности и определение ее степени по имеющейся поисковой и разведочной информации.

Горная промышленность ставит перед учением о геологии, поисках и разведке полезных ископаемых задачи количественного прогнозирования в различных масштабах (уровнях), а именно: а) мелкомасштабные прогнозы о распределении рудных провинций и бассейнов — для направления поисков; б) прогнозы среднего масштаба о распределении рудных полей и рудных (промышленных) районов, комплексов месторождений — для перспективных поисков; в) прогнозы крупного масштаба о распределении отдельных месторождений — для поисково-разведочных работ; г) прогнозы детальные о распределении и морфологии отдельных рудных тел на месторождении — для обеспечения успешного проведения разведки и оценки месторождения; д) прогнозы рудничные о строении рудных тел и распределении оруденения в них (о рудных столбах, безрудных окнах, природных типах руд) — для обеспечения планомерной добычи полезного ископаемого.

Чтобы повысить эффективность разведочных работ, надо найти надежные критерии и признаки для отбраковки из множества известных рудопроявлений заведомо бесперспективных и определить на разных стадиях разведочных работ степень перспективности и ценности месторождений полезных ископаемых. Известно, что для месторождений полезных ископаемых характерна их преимущественная концентрация в немногих определенных районах из всех известных, где такие месторождения установлены. В районе подавляющая доля запасов полезного ископаемого концентрируется в небольшом числе месторождений; в месторождении можно выделить небольшое число ведущих рудных тел и, наконец, в рудном теле главные запасы заключены в нескольких рудных столбах. В ведущих районах, месторождениях, рудных телах и столбах концентрируется соответственно до 60—70% всех запасов, а число таких объектов-лидеров составляет 20—30% общего количества. Высокая вероятность геологического прогноза в поисковом и разведочном деле состоит в распознавании таких наиболее перспективных объектов.

Основным методом разработки теории прогнозов остается традиционный геологический метод. Дальнейшее накапливание геологических наблюдений и частных эмпирических закономерностей является источником для выявления необходимых надежных предпосылок, признаков и критериев, комплексы которых можно использовать для распознавания перспективных геологических объектов математическими методами с применением электронной техники. Поэтому можно предвидеть дальнейшее быстрое развитие таких геологических дисциплин, как генетическая петрология, минералогия, литология, учение о фациях, структурная геология, металлогения, структура рудных полей, месторождений и рудных тел.

В этой связи особенное значение приобретает представление о геологических структурах, как системах условно однородных геологических элементов на разных уровнях. Особенно важным для разведки месторождений полезных ископаемых является представление о внутренней структуре геологического тела, как о структуре изменчивости его геолого-промышленных параметров. Во-первых, успех разведки определяется соответствием разведочной системы особенностям геологического объекта, т. е. его структуре. Во-вторых, представление о структуре геологи-

ческого тела, как системе условно однородных блоков, позволяет выде лить в нем однородные поля и совершенствовать таким образом мате матические методы моделирования рудных тел и оценки достоверност геологических прогнозов.

В ближайшее время в разведочном деле очень большое значени будут иметь исследования погрешностей геологических прогнозов, по строенных различными способами, путем сравнения их с данным эксплуатации.

Сейчас наметилась возможность использования теорий вероятност и информации для геологических прогнозов, однако математическо и геологическое обеспечение внедрения ЭВМ в теорию прогнозов – пока еще дело будущего.

Экономическое направление в развитии прикладных геологически наук всегда было очень важным: прикладная геология развивалас в соответствии с требованиями горной промышленности. Геологическа экспертиза для горной промышленности не имела смысла без экономи ческой оценки вопросов, решаемых экспертизой. В будущем геолого экономическая оценка месторождений полезных ископаемых выступи как основа для экономико-математических методов управления геолого разведочным делом страны. Поэтому следует предвидеть усиленно развитие экономических методов в геологических науках. Прежде всег необходимо разработать теорию оценки месторождений полезных иско паемых на разных стадиях их изучения для обеспечения внедрени ЭВМ.

Таким образом, можно говорить о трех направлениях в развити основ теории учения о геологии, поисках и разведке месторождений по лезных ископаемых: 1) традиционный коренной геологический (геолого генетический) метод исследования и построений; 2) системный подхо к геологическому объекту и математические методы моделировани его; 3) геолого-экономические и экономико-математические методы ис следования. Их синтез может обеспечить развитие прикладной геологи на уровне современного научно-технического прогресса. Мы старалис показать, что предпосылки такого развития для решения стоящих пере геологоразведочными работами задач имеются в настоящее время.