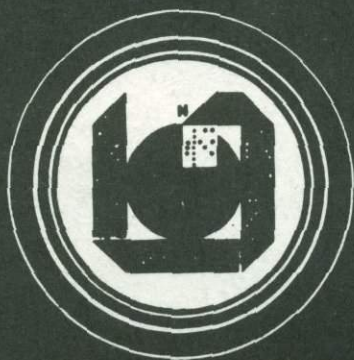




**ПРИМЕНЕНИЕ  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ЭВМ  
ПРИ ПОИСКАХ  
И РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**



Академия наук СССР Сибирское отделение  
Вычислительный центр

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
И ЭВМ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Сборник научных трудов

Под редакцией Ю.А.Воровина



Новосибирск 1977



2291



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
Раздел I	
Парадигма и язык геологии	
НАЗАРОВ И.В. (Свердловск). Парадигма геологии и проблемы ее совершенствования .....	7
ГРУЗА В.В., ЖУКОВ Р.А., ТКАЧЕВ Ю.Р. (Ленинград). Геологический язык: состояние и перспективы совершенствования .....	23
ВОРОНИЧ В.А. (Ташкент). О необходимости изменения информационной базы поисков и разведки .....	40
ВОРОНИН Ю.А. (Новосибирск). Еще раз о геологическом языке .....	51
Раздел II	
Методология и теория поисков полезных ископаемых	
ПЕШЕЛЬ Г., КОЛЫШКОВ П. (Грейфсфальд, ГДР). Теоретические вопросы поисков и разведки полезных ископаемых ..	57
ЖИГАРЛОВСКИЙ И.М. (Самарканд). О сравнении схем поисков и разведки полезных ископаемых .....	70
ВОРОНИН Ю.А. (Новосибирск). О постановке задачи оценки месторождений .....	97
КАЛЛИСТОВ П.Л., КАМЫШЕВ Ю.И., ПОЛИЕНКО В.В. (Москва). О применении математических методов в геологических исследованиях .....	117
ВОРОНИН Ю.А., БУДЯНСКИЙ Ю.А., ВОСТРОКНУТОВА А.И. (Новосибирск, Тюмень, Алма-Ата). О методике построения критериев оценки эффективности поисково-разведочных работ .....	123
Раздел III	
Анализ опыта геологоразведочных работ	
СУШОН А.Р. (Москва). Стадийность геологоразведочных работ в крупнейших капиталистических странах и СССР, использование математических методов для планирования и оптимизации поисков и разведки.....	139
ВОРОНИН Ю.А. (Новосибирск). Об анализе опыта геологоразведочных работ .....	150

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем сборнике публикуется часть материалов V-ой Всесоюзной конференции "Применение математических методов и ЭВМ при поисках и разведке полезных ископаемых". Конференция проходила в Новосибирске (в Академгородке) 23-25 мая 1977 года. На конференции по программе обсуждались в связи с применением математических методов и ЭВМ следующие вопросы:

- 1) Оценка состояния и определение направления развития геологоразведочных работ.
- 2) Совершенствование методологических, теоретических и организационных основ поисков и разведки полезных ископаемых.
- 3) Современное состояние и перспективы развития основ геологической интерпретации геофизических и геохимических данных.

Вне программы на этой конференции (в целях подготовки следующих) были проведены дискуссии по вопросам:

- 1) Методологическое и теоретическое обеспечение схем поисков и разведки полезных ископаемых.
- 2) Подготовка и переподготовка геологических кадров.
- 3) Состояние и перспективы развития совместных работ АН СССР и МинГео СССР по разработке методологических и теоретических основ поисков и разведки полезных ископаемых.

Эта конференция была, по-видимому, первой конференцией, посвященной обсуждению принципиальных основ деятельности в геологоразведке в связи с применением математических методов и ЭВМ.

В настоящий момент во всем мире крайне остро встали вопросы обеспечения минерально-сырьевыми ресурсами, обнаружилось различные спорные моменты в развитии геологоразведочного производства и в развитии геологической науки. В связи с этим для любого коллектива, занятого применением математических методов и ЭВМ в геологии, важно определить и четко зафиксировать тактику и стратегию своей работы. В связи со сказанным эта конференция вызвала весьма необычную реакцию в различных геологических кругах.

Следует отметить и ряд вопросов, которые возникли по конференции, так сказать, стихийно.

По-видимому, мало эффективно и, возможно, даже вредно ис-

пользовать в геологоразведочной отрасли математические методы и ЭВМ, если наши представления о принципиальных основах деятельности в ней недостаточно четки и правильны. У всех нас они, конечно, четки и правильны, но, увы, они очень сильно различаются. Почему имеет место такое обстоятельство?

Сейчас, фактически, геологоразведочная отрасль является специфической производственной деятельностью. Не следует ли ее рассматривать как специфическую научную деятельность?

Ясно, что в зависимости от того, как мы будем толковать эту отрасль, в принципе, по-разному нужно строить, например, критерии эффективности ее деятельности и ее организационные основы, по-разному управлять ею. Как в данный период и тем более в будущем (в связи с усложнением целей, средств и условий) конкретно толковать геологоразведочную отрасль как специфическую научную деятельность? Следует ли признать существование двух видов научной геологической деятельности, геологоразведочной и некоторой иной? В каких отношениях они находятся между собой?

В настоящее время принято считать, что сложившаяся исторически к 1935 году принципиальная схема поисков и разведки, а также ее методологическое и теоретическое обеспечение являются единственно возможными. Так ли это? Действительно ли эта схема и это обеспечение в своей основе единственно возможны? Можно ли построить новые различные схемы поисков и разведки, а также построить для них новое теоретическое обеспечение?

В настоящем сборнике показалось целесообразным поместить те статьи, которые касаются наиболее острых и общих вопросов применения математических методов и ЭВМ при поисках и разведке полезных ископаемых. Эти, во многом дискуссионные, статьи сгруппированы по трем разделам:

- (1) Парадигма и язык геологии.
- (2) Методология и теория поисков полезных ископаемых.
- (3) Анализ опыта геологоразведочных работ.

Все помещенные статьи нацелены на эффективное применение математических методов и ЭВМ в геологоразведочном процессе.

Сборник может быть полезен широкому кругу геологов и математиков, которые интересуются состоянием и направ-

лением развития методологии, теории и практики использования математических методов и ЭВМ в поисках и разведке полезных ископаемых.

Ю. А. Воронин

И.В.Назаров

ПАРАДИГМА ГЕОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ  
ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Современная эпоха – это эпоха бурного развития науки, научно-технической революции. Наука играет важную роль в жизни общества, все больше становится непосредственной производительной силой общества и вопросы эффективности научных исследований приобретают огромное практическое и теоретическое значение. Все чаще предметом исследования становятся не природные объекты, а сама наука, ее структура, история и причины развития, закономерности этого процесса. Этот методологический анализ науки становится особенно актуальным и необходимым на определенных, переломных этапах развития науки.

Интересный анализ развития науки сделан известным американским ученым Т.Куном.

В самом общем виде концепция Т.Куна сводится к следующим

положениям. Наука развивается неравномерно. В период "нормальной науки", когда выработана устойчивая система теорий, принципов, понятий, развиваются и конкретизируются существующие ее положения. В этот период принципиально новые кардинальные идеи не выдвигаются; новые факты, открытия объясняются существующими теориями. По мере развития науки накапливаются все больше новых фактов, которые уже не могут быть объяснены наукой, возникают новые проблемы — "аномалия", ведущая к кризису науки. Сначала делаются попытки разрешить эти проблемы с помощью *ad hoc* гипотез, но если это не удастся, то кризис заставляет ученых отказаться от старых принципов, отбросить их. Создаются новые теоретические положения, принципы и законы — строится новая парадигма. Понятие парадигмы является центральным в концепции науки Куна. Под ней понимается комплекс теоретических и методологических установок, разделяемых научным сообществом, Парадигма дает единый для этого сообщества способ видения мира, его восприятия и понимания, а также принципы и направления познания действительности. "Под парадигмой, — пишет Кун, — я подразумеваю признанные всеми научным сообществом достижения, которые в течение определенного времени дают модель постановки проблем и их решений научному сообществу" [10, стр. 11]. Если новая парадигма, пусть более верная и плодотворная, создается до кризиса, то она в этом случае научным сообществом не принимается. Процесс принятия новой парадигмы занимает значительный промежуток времени, для него необходимо, чтобы научное сообщество убедилось не столько в ее перспективности, сколько в несостоятельности прежней парадигмы. Кун при этом отмечает немаловажную роль молодости в создании новой парадигмы: "Почти всегда люди, которые успешно осуществляют фундаментальную разработку новой парадигмы, были либо очень молодыми, либо новичками в той области, парадигму которой они преобразовали" [10, стр. 121].

Во время кризиса науки резко обостряется интерес исследователей к философии, к обсуждению фундаментальных положений науки. Необходимость проанализировать существующую аномалию с более широкой точки зрения приводит ученых именно к философии, к основным принципам познания. Это обстоятельство

во неоднократно отмечалось в философской литературе и раньше. Философские исследования позволяют осмыслить многие теоретико-познавательные проблемы науки, выявить причины кризиса в ней и указать пути его преодоления.

Процесс смены парадигм происходит не как простое расширение знания, а как результат конкурентной борьбы их, отбрасывание одной из них в результате научной революции как коренного изменения взглядов на мир.

Надо отметить, что неравномерность развития науки, чередование эволюционных и революционных периодов общеизвестны. Т. Кун конкретизировал положение об этих стадиях и обратил внимание на то, что процесс развития науки, смена ее парадигм — это сложный, противоречивый, некумулятивный процесс, его нельзя рассматривать как простое однозначное, строго детерминированное движение к истине.

Процесс восприятия новой парадигмы зависит не только от правильности, истинности, плодотворности ее положений, т.е. решается не только "логикой и экспериментом", но и от многих внешних, вненаучных факторов, на что недостаточно обращают внимание исследователи истории науки.

В результате научной революции происходит не просто смена теорий, изменение взглядов менее верных на более истинные, как это представляется в первом приближении, и не простое приращение знания, а происходит выбор новой теории или гипотезы, изменяется само восприятие мира, его видение, создается новая система понятий, прежние факты науки переосмысливаются. Такая картина развития науки естественнее объясняет борьбу, столкновение взглядов во время кризиса. Действительно, если развитие науки есть прямое движение к истине, то как могут существовать ученые, придерживающиеся старых, устойчивых и устоявшихся взглядов? С позиции Куна это находит свое объяснение — эти ученые не могут изменить свои убеждения, свое понимание мира, которое у них сложилось в результате образования и предшествующей деятельности. Причем приверженность старой парадигме у исследователей может быть так велика, что только новое поколение в состоянии ее воспринять. Кун приводит известное высказывание М. Планка, характеризующее подобную ситуацию: "Обычно новые научные истины побеждают не так, что их против-

ников убеждают и они признают свою неправоту, а большей частью так, что противники эти постепенно вымирают, а подрастающее поколение усваивает истину сразу" [16, стр. 13]. Мышлению человека вообще свойственно сохранение традиций, следования господствующим, устойчивым представлениям. "Традиция является могучей силой не только в католической церкви, но и в естествознании", — отмечал Ф. Энгельс в "Диалектике природы" [К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 352]. Об этом же пишет и Кун: "Ученые в русле нормальной науки не ставят себе цели создания новых теорий, обычно, к тому же, они нетерпимы и к созданию таких теорий другими" [10, стр. 43]. Новые теории очень часто опираются на те же эмпирические факты, что и старые, или на факты, которые ранее не принимались во внимание и для большинства ученых представлялись диковинными, парадоксальными, "безумными" — о них не стоило спорить и их не стоило опровергать — они вне господствующей парадигмы и, следовательно, вне науки. Но сейчас все больше в науке укрепляется точка зрения, что абсурдность, экстравагантность, необычность являются естественными чертами всякой действительно новой идеи. "Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней, но это не значит, чтобы природа была созданием нашего ума или абстрактного ума", — писал В. И. Ленин [В. И. Ленин, полн. собр. соч., т. 18, стр. 298]. Кун основывает свои положения на изучении истории, в основном, физики, но область их применения гораздо шире. В частности, геология сталкивается с теми же проблемами — состояние кризиса, борьба различных гипотез, непонимание новых идей, скептическое отношение к ним, к попыткам создания теории и т. д.

Каково современное положение геологии — этой важнейшей науки о Земле, какова ее парадигма? В качестве критериев оценки этого положения используем характер основных представлений науки, систему классификаций, состояние понятийной базы и языка и систему основных методов. Анализ теоретических представлений геологии облегчается тем обстоятельством, что в последнее время этому вопросу посвящен ряд работ [5, II, 2].

В геологии выяснены многие связи между природными объектами, установлены многие закономерности их генезиса и разме-

щения. Но основные положения геологии являются эмпирическими обобщениями и гипотезами [II, стр. 5]. В их создании огромную роль играют такие методы научного познания, как аналогия и индукция. Строгое дедуктивное знание, дающее однозначные следствия, в геологии почти отсутствует. Ведущие ученые неоднократно подчеркивали, что в этой науке мало достоверного и точного знания. " В геологии до сих пор неизвестного, неясного и спорного остается гораздо больше, чем точно выясненного. Общая теория геологических процессов только еще начинает разрабатываться, и то лишь в некоторых областях, например в литологии. Наши представления о строении глубоких частей земной коры, о причинах тектонических движений, о процессах метаморфизма горных пород, об условиях образования многих полезных ископаемых остаются нередко гипотетичными", — писали академики А. В. Пейве, Н. М. Страхов и А. Л. Яншин [15, стр. 13–14]. Особенностями гипотез в геологии является большая продолжительность их "жизни", слабая логическая разработка и преобладание генетических гипотез, которые призваны объяснять происхождение и развитие различных природных объектов. Большинство генетических гипотез следует относить к историческим и, кроме того, описательным. Даже если генетическая гипотеза говорит, например, о гидротермальном генезисе тех или иных руд ( и ее следовало бы относить к причинной), то вопросы об источнике рудного вещества, формах его переноса и причинах выпадения из растворов обычно не анализируются. Слабое развитие объяснительных гипотез связано с тем обстоятельством, что причину многих геологических процессов наука видит в действии глубинных подкоровых процессов, недоступных прямому исследованию [12]. Даже такое фундаментальное учение геологии, как теория геосинклиналей, лежащая в основе многих геологических построений, является гипотезой. Эта гипотеза достаточно разработана, получили подтверждение ряд следствий из нее, но достоверное знание о механизме тектонических движений отсутствует. Если в геологии устанавливается наличие и форма связи объектов, то зачастую механизм этой связи и количественные зависимости отсутствуют. Это не позволяет применять строгие логические правила вывода следствий из общих положений

и, тем самым, надежно подтвердить или опровергнуть их. В этих условиях выделить ряд положений, верных при всех условиях, и использовать их в качестве аксиом затруднительно.

Критериями осмысленности геологических положений являются "здоровый смысл" как концентрированное выражение предшествующего опыта и знания, "общепринятость", пригодные для решения в основном простых задач науки.

Классификации геологических объектов производились стихийно, без привлечения логических правил. Поэтому при строгом логическом анализе они оказываются неудовлетворительными [6, 14].

Аналогичное положение и с языком геологии. В нем преобладают образные сравнения и аналогии, метафоры, синонимы и омонимы. В целом язык геологических наук перегружен терминами, и число их продолжает возрастать. Так в современной геологии существует 39 определений понятия "порода", 63 определения понятия "фация" и 112 определений понятия "фашиа" [6, стр. 112]. В этих условиях трудно соблюдать требование определенности семантики выражений языка науки. Для характеристики уровня развития науки большое значение имеет состояние ее понятийной базы. Понятия в геологических науках создавались эмпирически, в процессе непосредственного исследования и основывались на наглядности. При этом необходимость опираться на определенные правила логики не осознавалась. А.А. Косыгин и В.А. Соловьев отмечают по этому поводу: "Определений большинства геологических понятий или нет, или же они определены в логическом отношении не строго" [8, стр. 160]. Только этим можно объяснить такое положение, когда в геологических определениях выделяется пятнадцать типов логических ошибок [19]. Подчеркнуть неудовлетворительность этого состояния особенно необходимо, потому что некоторые исследователи считают многозначность понятий науки "показателем ее разносторонности и содержательного богатства" [3, стр. 6]. Они считают, что главное — это одинаковое понимание понятия, а выражаться оно может различно. А.В. Бухникашвили прямо заявляет: "В конце концов, для всех специалистов (а иногда и неспециалистов) совершенно ясно, что подразумевается под понятием "минерал" и "порода" и какое зна-

чение имеет то, что это понимание разные лица выражают различными словами" [3, стр. 7]. Но наука не может удовлетворяться только "интуитивным" смыслом понятий. На определенном этапе ее развития этого становится недостаточно и понятия подвергаются уточнению, формализации. А.Эйнштейн писал: "Ученому, занимающемуся конкретными проблемами, чье внимание привлекают лишь частности, подобный анализ покажется излишним, претенциозным и даже смешным. Однако ситуация меняется, когда развитие соответствующей науки требует, чтобы какое-нибудь обычно употребляемое понятие было заменено новым, более точным. Тогда те, кто обращался с понятиями своей науки, не особенно вдаваясь в их смысл, начинают энергично протестовать и жаловаться на революционную угрозу, грозящую духовным благам" [20, стр. 29].

Некоторые исследователи полагают, что неточны в геологии не понятия, а изучаемые ею процессы. Так В.Н. Комаров отмечает: "Интенсивное проникновение в геологию математических, физических, химических и других точных методов исследования может создать ситуацию, когда мы за деревьями не будем видеть леса, когда тонкое исследование частных, отдельных сторон и свойств заслонит от нас сложность и цельность геологических процессов. Геологическая наука потому и располагает "неточными" понятиями, вернее, настолько "неточными", насколько "неточны" те процессы, которые призвана она исследовать" [7, стр. 139].

С такими доводами нельзя согласиться. Они по существу призывают отказаться от работы по формализации геологических понятий. Ю.А. Воронин и Э.А. Еганов показали в одной из работ, что такие понятия, как фация, парагенезис и формация, широко применяемые в геологии, не удовлетворяют требованиям современной науки. Они выяснили, что трудности применения этих понятий и видов анализа обусловлены не сложностью геологических объектов, а ошибочностью основных посылок и гипотез, на которых строились эти приемы, в частности, гипотез о существовании "естественного" и "универсального" представления изучаемых объектов [4, стр. II4].

Следует отметить, что взгляды на "естественное" членение

природных объектов широко распространены. При этом исследователи опираются на выделение вполне очевидных, доступных непосредственному изучению признаков и свойств. Нередко объект природы и предмет науки полностью отождествляется. Если это было исторически оправданным на определенном этапе развития науки, то по мере ее развития может стать тормозом. Это наглядно проявилось именно в процессе математизации геологии. Вряд ли прав И.В. Круть, когда утверждает, что "объективно существующая организация естественных тел сама по себе способствует восприятию этих объектов нами в качестве целостных образов" [9, стр. 93]. При этом И.В. Круть считает, что в геологии "постулаты теоретического знания, как правило, в принципе не математизируемы и познаются на качественном уровне" [9, стр. 4].

Нам представляется, что И.В. Круть недостаточно учитывает связь, взаимодействие в познании объекта и субъекта. Если в классическом естествознании субъект и объект жестко разграничивались и объект рассматривался как бы "сам по себе", как "естественный", независимый от субъекта и его способа познания, то в настоящее время характерно системное рассмотрение этого взаимодействия. И.Б. Новик отмечает, что в современной методологии научного познания все больше и больше выдвигается на первый план активность субъекта, значение его способа постановки вопросов и средств исследования. Через усиление активности субъекта мы идем не к субъективистскому произволу (субъективное в познании не означает его неадекватности), а к большей объективности знания, к более адекватному отображению субъектом объекта [13, стр. 21].

Вычленение объекта познания из реального мира зависит не только от характера этого мира, но и от познавательных и практических потребностей познающего субъекта, на что в геологии не обращается внимание.

Что касается принципиальной возможности формализации понятий и положений науки, то скорее прав М.В. Попович, который замечает, что "не существует таких сторон мыслительной деятельности, опирающейся на язык, которые в принципе были бы недоступны формальному описанию по своей "природе". Аргументы в поль-

зу такой недоступности невозможно выдвинуть, не впадая в мистику ..." [17, стр.177 ] .

Все это позволяет считать работы по формализации геологического языка наиболее важными и перспективными. И каким бы глубоким содержанием существующие понятия не обладали, их логическая нестрогость, многозначность требует их замены. Трудно не согласиться с Ю.А.Косыгиным и В.А.Соловьевым, которые пишут: " Чрезвычайная гибкость естественного языка является бичом для ученого. Поэтому омонимия он вынужден рассматривать как патологию, а синонимия – как излишнюю роскошь" [8, стр.161] . Без элиминации понятий, теряющих в новых условиях познавательное значение, не может быть дальнейшего развития науки. Причем, как и при любом новом научном направлении, желательно иметь различные подходы для выбора тех основных, исходных понятий, из которых могут быть логически выведены остальные понятия.

В отношении основных методов геологического исследования отметим следующее. Эти методы весьма разнообразны, но в совокупности они образуют единую систему. В геологической литературе нет специальных работ по методологии науки, отсутствует и единое мнение по вопросу, какой метод является ведущим в сложной системе методов геологического исследования. Авторы учебников по общей геологии и другим геологическим наукам в качестве ведущего метода считают либо диалектический материализм, либо актуализм, либо наблюдение. Они не учитывают что геологический метод – это система методов познания разной степени общности, причем система подвижная, изменяющаяся. Она включает и материалистическую диалектику, и общенаучные методы, и конкретные, специальные методы данной науки. Если взять подсистему общенаучных методов, то ее своеобразие определяется особенностями объекта познания и уровнем развития науки. По нашему мнению, в настоящее время в этой подсистеме геологического исследования выделить один ведущий метод затруднительно. Из эмпирических методов исследования основную роль в геологии играет наблюдение. В.В.Белюсов писал, что "геолог – прежде всего наблюдатель... весь фундамент геологической науки создан именно региональными полевыми исследованиями. Характер изучаемого

объекта не вызывает у геолога склонности к экспериментальному воспроизведению наблюдаемого" [1, стр.13]. Следует отметить, что геолог является наблюдателем не только из-за характера объекта и не столько по природной склонности, сколько потому, что его не учили иным подходам к изучению природных объектов. К тому же наблюдение – самый простой метод эмпирического исследования. Более сложный метод познания, доказательная сила которого несравненно больше, чем наблюдения – эксперимент в геологии применяется в ограниченной степени. Несколько шире, особенно в последнее время, в геологии применяется моделирование, но в основном используют образные или натурные модели и меньше – знаковые модели. При этом моделирование зачастую недостаточно эффективно вследствие слабой разработки вопросов приближенного подобия, невозможности учесть влияния длительности процессов.

Из теоретических методов познания в геологии большую роль играют такие общенаучные методы, как актуализм и историзм. С помощью актуализма, в основе которого лежат сравнение и аналогия, восстанавливается механизм процессов прошлого, с помощью историзма – их последовательность, связь во времени. Определение генезиса многие исследователи рассматривают в качестве главной цели изучения геологических объектов.

Из логических методов познания в геологии большую роль играют аналогия, индукция и гипотеза. Использование аналогии и индукции позволяет делать обобщение эмпирического материала, способствует выдвижению гипотез, формулировке эмпирических законов. Одним из основных методов геологического исследования является гипотеза [12].

Естественно, в отдельных геологических науках удельный вес и значение тех или иных общенаучных методов неодинаковы. Но почти во всех этих науках недостаточно используются такие методы, получившие широкое распространение в современном естествознании, как эксперимент, моделирование, системный подход, а также математические и логические. Из всего арсенала математических методов достаточно широко пока используются лишь вероятностно-статистические методы.

В связи с потребностями теоретизации геологии роль мето-

дов точных наук в ней должна возрасти. Использование этих методов позволит сделать геологическое исследование более полным, точным, а выводы — более доказательными. Из логических методов должны получить более широкое применение дедуктивные методы, аксиоматический метод. Это связано с необходимостью создания формализованных систем знания. Не случайно А.Энштейн подчеркивал, что место преимущественно индуктивных методов, присущих юношескому периоду науки, в дальнейшем занимает поисковая дедукция.

Такова современная парадигма геологии. Ее устойчивые представления и понятия основываются на образном языке и наглядности. Этим определяется и категориальный аппарат науки, и принципы его логического построения. В целом уровень развития геологии можно охарактеризовать как эмпирический, в своем развитии она отстала от ведущих отраслей естествознания. Причины этого отставания носят объективный и субъективный характер.

1629  
Геология как наука еще молода, и ее объект познания — наша планета — слабо изучен. Как известно, в основе научного познания лежит практика, требования производства. Запросы практики — в данном случае горной промышленности и геологоразведочного дела — позволяли до некоторого времени обходиться эмпирическими закономерностями. Богатство минерально-сырьевых ресурсов, доступных для использования, пока не служило стимулом для создания абстрактных теоретических положений, способствовало недооценке значения теории. Убеждение, что открытие месторождения какого-либо полезного ископаемого, пусть небольшого по запасам и бедного по содержанию полезного компонента, важнее, чем занятие абстрактными построениями, глубоко проникло в сознание исследователей. В современной геологии распространены "культ фактов" и утилитарности.

Но истощение легко доступных месторождений, необходимость более четкого прогноза, возрастание сложности задач производства, необходимость преодоления отставания от ведущих отраслей естествознания ставят перед геологией проблему перехода к новой парадигме. Смена парадигм не может происходить эволюционно, а только путем научной революции. В результате последней геология должна от эмпирической стадии развития пере-



йти к теоретической.

Каким образом строить теоретическую геологию? История наук показывает, что обобщение эмпирического материала происходит путем создания все более общих положений — индуктивным путем. Для формирования строгого теоретического знания индукции недостаточно. В настоящее время вряд ли кто сомневается в том, что теория строится более сложным путем — формулировкой небольшого числа общих положений, введением новых понятий и, затем, развертыванием с помощью логики всего многообразия ее выводов и следствий. В сокращенной и концентрированной форме общие абстрактные положения отражают наиболее существенные связи природы и определяют характер и сущность научной теории. Эти положения могут и не доказываться в рамках данной системы — выступать в виде аксиом. Аксиоматический метод построения теории является одним из самых распространенных в современном естествознании. А. Эйнштейн писал, что в современной науке "с самого начала проявлялось стремление найти для унификации всех отраслей науки теоретическую основу, образованную минимальным числом понятий и фундаментальных соотношений, из которых логическим путем можно было бы вывести все понятия и соотношения отдельных дисциплин... До тех пор, пока принципы, могущие служить основой для дедукции, не найдены, отдельные опытные факты теоретику бесполезны, ибо он не в состоянии ничего предпринять с отдельными эмпирически установленными общими закономерностями" [20, стр. 230, 15].

Большое значение имеет язык научной теории, который может быть только математическим.

Поскольку геологические процессы многоплановы, и геологические науки весьма отличаются по своим предметам, задачам и методам, то создать единые принципы для них, очевидно, крайне затруднительно. Возможно вычленение самых общих положений, принципов из отдельных отраслей геологического знания и установление логических связей между ними. Предметом познания новой теории будут являться не реальные процессы и предметы, а идеальные объекты. Основными методами теоретической геологии будут моделирование, аксиоматический метод, логические и математические методы. Только такая наука сможет выполнить функции теории —

объяснить из единого основания (или оснований) отдельные закономерности природных объектов, осуществить точные предсказания - прогнозы. С созданием теоретической геологии, вскрывающей общие закономерности строения и развития Земли, будет заложена основа для синтеза всего геологического знания. Теоретическая геология, будучи результатом, итогом познания, являясь вместе с тем и общим методом геологического исследования.

Другими словами, для создания теоретической геологии необходимо содержательное и формальное совершенствование геологического знания. Так глубокий содержательный анализ геологических представлений, выявление главных, существенных связей природных объектов с использованием методов физики и химии позволит установить новые, более общие, и самое, важное, количественные закономерности. Это ни в какой мере не означает отрицания специфики геологических законов, а только подчеркивает огромную роль методов точных наук в познании природных объектов. Формальный анализ геологических представлений с привлечением математического и логического аппарата будет способствовать созданию общей системы понятий, единого научного языка. Формализация позволит устранить многозначность выражений естественного языка, сформулировать исходные положения в краткой, ясной и точной форме, даст возможность по точно сформулированным правилам выводить следствия, т.е. позволит повысить точность, надежность геологических выводов, полнее использовать математические методы и ЭВМ и совершенствовать теоретические представления. Кроме того, что формализация унифицирует и обобщает готовое знание, она имеет и эвристические возможности. С ее помощью выявляются такие особенности изучаемых объектов, которые не были зафиксированы на эмпирическом уровне, она способствует обнаружению и доказательству ранее неизвестных свойств этих объектов.

Обычно формальный анализ научных представлений проводится после содержательного анализа, когда эти представления "созрели" для формализации. Известно, что для применения математики в науке необходимо развитие как математики, так и науки, стремящейся ее использовать. Но сейчас нередко встречается и другой путь, когда создание некоторой формальной си-

системы предшествует ее содержательной интерпретации. Формальная система создается в этом случае на основе самых общих содержательных представлений.

Положение в геологии в этом отношении во многом аналогично положению в биологии. Сейчас общепризнано, что именно благодаря широкому применению методов физики, химии, математики, кибернетики и других наук биология смогла за короткий срок совершить гигантский скачок в своем развитии, поставивший ее в ряд ведущих естественных наук.

В отношении того, кто будет создателем теоретической геологии, можно высказать предположение, имеющее определенное основание, что создателем основ этой науки вряд ли будет маститый ученый — геолог, скорее им будет безусловно талантливый исследователь, не обязательно геолог, возможно физик, математик, специалист в области логики и методологии науки, глубоко изучивший геологию. Для этого он должен быть достаточно молодым, способным по-новому осмыслить существующую парадигму, когда ее положения в сознании исследователя еще не приобрели прочности догм, смелым и решительным, способным отказаться от господствующих представлений и доказать правильность новых. Для создания новой парадигмы гораздо важнее знание общих закономерностей развития научного познания, основных тенденций этого процесса, чем детальное знание отдельных положений парадигмы. Теоретическая геология требует для своего построения огромных усилий и специалистов различных отраслей знания. Очевидно, этот процесс может быть ускорен при условии специальной подготовки геологов-теоретиков. Они должны иметь глубокие познания в области геологии, в особенности развития ее основополагающих идей, а также физики, химии, математики, логики и философии. Пока таких специалистов не готовят ни в одном вузе страны, и мы полностью согласны с мнением новосибирских ученых, предлагавших начать подготовку геологов — теоретиков в некоторых университетах.

В отношении времени создания теоретической геологии отметим следующее. Учитывая, что в настоящее время делаются только первые попытки создания строгих аксиоматических систем (работы Ю.А. Косыгина, Ю.А. Воронина и др.) и разработаны не-

которые вопросы ее создания [2], а также скептическое отношение многих ученых к этим проблемам, целесообразнее разделить время создания теоретической геологии и время признания ее большинством специалистов. Вероятнее всего, основы теоретической геологии будут созданы к концу XX - началу XXI веков, а будут восприняты к середине XXI века. Интересно, что математическая (теоретическая) биология, по мнению некоторых ученых, будет создана только к концу XXI века [18, стр.80].

Таким образом, парадигма современной геологии основана на наглядных представлениях и образном языке. Возрастающие практические потребности и внутренняя логика развития науки требуют ее смены, перехода к новой парадигме. Последняя должна знаменовать переход геологии от эмпирической стадии развития к теоретической. Только с созданием теоретической геологии можно говорить о смене стиля мышления, о научной революции в этой области знания и выходе ее в ряд ведущих наук о природе.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. БЕЛОУСОВ В.В. Пути развития наук о Земле. - Сб. "Взаимодействие наук при изучении Земли." М., "Наука", 1964.
2. БОРОВИКОВ А.М., ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВ Э.А. и др. На пути к теоретической геологии. "Вопросы философии", № 3, 1976.
3. БУХНИКАШВИЛИ А.В. К вопросу о "математизации" геологии. "Изв. АН СССР," серия геологическая, 1972, №1.
4. ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВ Э.А. Фации и формации. Парагенезис. (Уточнение и развитие основных понятий геологии.) Новосибирск, "Наука", 1972.
5. ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВ Э.А. Методологические вопросы применения математических методов в геологии. Новосибирск, "Наука", 1974.
6. Геология и математика. Новосибирск, "Наука", 1967.
7. КОМАРОВ В.Н. Философские вопросы науки о Земле. Изд. Казан. ун-та, 1974.

8. КОСЫГИН Ю.А., СОЛОВЬЕВ В.А. Проблема усовершенствования геологического языка и "математизация" геологии. "Изв.АН СССР",серия геологическая, 1967,№11.
9. КРУТЬ И.В. Исследование оснований теоретической геологии. М. "Наука", 1973.
10. КУН Т. Структура научных революций. М., "Прогресс", 1975.
11. НАЗАРОВ И.В. Настоящее и будущее геологии (гносеологический аспект). - Сб. "Философские вопросы геологии", вып. 4, изд. Свердл. горн. ин-та, 1974.
12. НАЗАРОВ И.В. Роль гипотезы как метода научного познания в геологии.-В Сб. "Философские вопросы геологии", вып. 4, изд. Свердл. горн. ин-та, 1974.
13. НОВИК И.Б. Вопросы стиля мышления в естествознании. М., "Политиздат", 1975.
14. Опыт анализа и построения геологических классификаций на основе представлений конечной математики. Новосибирск, труды ИГ и Г СО АН СССР, 1964.
15. ПЕЙВЕ А.В., СТРАХОВ Н.М., ЯНШИН А.Л. Некоторые важнейшие задачи в области теоретической геологии. "Изв.АН СССР," серия геологическая, № 10, 1961.
16. ПЛАНК М. Единство физической картины мира. М., "Наука", 1966.
17. ПОПОВИЧ М.В. Философские вопросы семантики. Киев, "Наукова думка", 1975.
18. СМИРНОВ С.Г. Симбиоз зрелых наук. "Природа", №6, 1975.
19. ШАРАПОВ И.П. Учет формально-логических требований при уточнении геологических понятий и терминов.-Сб. "Методологические вопросы геологических наук", Киев, "Наукова думка", 1974.
20. ЭЙНШТЕЙН А. Собр. науч. тр., т. IV, М., "Наука", 1967.

В.В.Груза, Р.А.Жуков, Ю.Р.Ткачев

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ЯЗЫК:  
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Наша цель - обосновать требования, которым должны удовлетворять мероприятия по совершенствованию языка геологии. Отправным служит положение, согласно которому язык представляет собой "материальную оболочку мысли" и средство ее формирования в процессе познания [10]. В частности, он является средством теоретического познания в науке, формой выражения научных знаний в наиболее концентрированном виде - в виде теории. Поэтому в особенностях геологического языка не может не отражаться состояние знаний геологии, степень зрелости ее теории.

В соответствии со сказанным, в дальнейшем изложении совершенствование языка геологии рассматривается не как самоцель, а лишь как одно из средств развития геологической теории.

I. Язык как средство моделирования  
в познавательной деятельности

Важнейшей особенностью любого языка, в том числе научного, является то, что он представляет собой средство моделирования действительности - его элементы служат заместителями выделя-

емых в ней объектов, которым они поставлены в соответствие. Материалом языковых знаков, в принципе, могут быть любые предметы, но исторически наиболее развитыми являются языки, в которых с этой целью используются голосовые звуки речи и отвечающие им графические символы. Знаки таких языков, характерных и для современной науки, называются терминами. Исчерпывающим может считаться рассмотрение языка с двух сторон: семантической – в аспекте смысла терминов, соответствия их образным представлениям об объектах; и синтаксической – в аспекте формы и правил построения терминов и составляемых из них текстов. В целом язык – это построенная по определенным правилам система осмысленных (интерпретированных) терминов, предназначенная для моделирования действительности.

Из двух основных функций, выполняемых научным языком, – познавательной и коммуникативной – первая носит абсолютный характер, так как лежит в основе второй, которая обеспечивает коллективность познавательной деятельности и передачу знаний во времени и пространстве. Значение языка как средства научного познания огромно: среди всех познавательных средств он наиболее универсален в отношении объектов, методов, целей, уровней и этапов познания. Кроме того в использовании он проще других средств моделирования и позволяет получать знания об объектах, недоступных эмпирическому изучению.

Как средство познания язык возникает и функционирует в общем процессе конструирования действительности, "с помощью которого на основе процессов отождествления, различения, анализа, абстракции и последующего знакового оформления результатов применения этих процессов устанавливаются "жесткие" границы между отдельными предметами, между классами предметов, их свойствами, отношениями между ними, осуществляется превращение непрерывного в дискретное" [7]. Процесс конструирования определяется не только тем, как устроен мир, но и характером форм практической деятельности, изменяясь с развитием последних. В связи с этим использование того или иного языка, с одной стороны, определяет отношение исследователя к коренным онтологическим вопросам, а с другой – отражает его методологическую позицию. В целом язык консервирует и рафинирует пре-

дшествующий познавательный опыт, и именно это определяет возможность его использования в качестве средства коммуникации и познания.

Осмысленные термины языка объединяются в более сложные знаковые конструкции – тексты. Их построение сопровождается установлением соответствия между терминами, созданием сложных систем замещения одних терминов другими. Значения многих терминов и знаковых конструкций, вводимых в язык, устанавливаются путем задания цепочек определений, которые в конечном итоге опираются на неопределяемые термины, имеющие непосредственно образное, чувственное содержание. Логически определяемые термины и знаковые конструкции называют понятиями, а термины с чувственным содержанием называют неопределяемыми понятиями.

Совокупность терминов и более сложных знаковых конструкций образует понятийно-терминологическую базу науки, обеспечивающую познание на двух основных уровнях – эмпирическом и теоретическом. На эмпирическом уровне познания язык, прежде всего, служит средством фиксации экспериментально наблюдаемых ситуаций. На теоретическом уровне познания – средством построения текстов. К текстам относятся высказывания об объектах, законы, а также гипотезы и теории. В теориях увязываются в текстовую конструкцию высказывания как феноменологические – о самой действительности, так и методологические – о способах ее познания. Оперирование теорией позволяет посредством языка осуществлять познавательный процесс на эмпирическом и теоретическом уровнях. Тем самым теория сводит в единую систему, связывает взаимными определениями все выведенные термины.

Таким образом, язык, будучи формой закрепления смысла теории, сам оформляется в ней в целостную систему, выступающую главным средством познания.

## 2. Современное состояние геологического языка

Несовершенство геологического языка – факт, ставший в последнее десятилетие дежурной темой многих критических работ. Присоединяясь в целом к критике геологического языка, мы не можем, однако, согласиться с некоторыми выводами из неё. К

числу необоснованных выводов относится представление о чуть ли не врожденных у геологов особенностях мышления, якобы повинных в критикуемых недостатках языка. Сомнительным выводом является представление о реальности некой разовой языковой реформы, призванной, с одной стороны, обеспечить обучение геологов строгому языку математики, а, с другой, — построить средствами этого языка рядом с существующей геологией новую, действительно научную. Подобные выводы — результат неглубокого, нередко одностороннего анализа недостатков геологического языка, при котором не вскрывается то, что лежит в их основе.

В дальнейшем изложении основное внимание сосредоточено не на самих недостатках языка, а на их причинах. Последние, по нашему убеждению, отражают прежде всего объективные факторы — особенности исторически сложившихся предмета и метода геологии. Лишь учитывая эти факторы, можно обосновать действительно эффективные мероприятия по совершенствованию геологического языка.

Многочисленные в конкретном проявлении недостатки геологического языка можно свести к его неопределенности, в частности, многозначности терминов и неоднородности.

Неопределенность языка обусловливается нестрогим заданием соответствий между выделяемыми геологическими объектами и обозначающими их терминами. Даже первичные, чувственно-эмпирически введенные термины по вкладываемому в них смыслу очень часто оказываются шире или, напротив, уже реально существующих представлений о соответствующих объектах. Еще хуже обстоит дело с логически определяемыми терминами. Вследствие этого даже, казалось бы, одинаковые подходы к заведомо одинаковым объектам и проблемам фактически оказываются неидентичными. Примером может служить стратиграфия, в которой, по утверждению Ю.С. Салина [13], многие спорные проблемы в конечном счете являются следствием исходной неопределенности языка.

Многозначность терминов — одно из типичных проявлений неопределенности геологического языка — выражается в том, что одному термину оказываются поставленными в соответствие не

один, а множество типов объектов. Этот существенный и бросающийся в глаза недостаток обсуждается в литературе чаще других, а в некоторых работах, в частности, в [6], и преувеличивается. \*) Последнее происходит потому, что мишенью критики иногда становятся не только действительно многочисленные дефиниции одного и того же термина, но и любые общие высказывания о соответствующих объектах. Отсюда вытекают выводы о том, что имеется, например, более пятидесяти определений термина "формация", более ста — термина "фа́ция" и т.п. Не менее, чем многозначность терминов, в языке геологии распространено обратное явление — синонимия, то есть обозначение объектов одного типа не одним, а несколькими терминами, которые к тому же фактически не являются полными синонимами.

Многозначность и излишняя синонимичность языка объективно порождаются постоянно растущей многоаспектностью геологии: по свойствам изучаемых объектов и "уровням организации" последних, по методам, средствам и масштабам исследований, по разнообразию запросов практики и т.п. Становление геологии гораздо в большей степени, чем развитие относительно устоявшихся наук, сопровождается взаимопроникновением зарождающихся, развивающихся и отмирающих научных областей и направлений исследований. Вполне закономерно, что в этой ситуации специалисты различных научных областей (таких, например, как тектоника, минералогия, геофизика и т.п.) используют свои специфические языки, применяют старые термины в новом значении и вводят новые термины для обозначения ранее выделенных, но как-либо переопределенных объектов.

Н е о д н о р о д н о с т ь языка является следствием несовершенства правил его построения. М о р ф о л о г и ч е с к а я н е о п р е д е л е н о с т ь обусловлена отсутствием единых и обязательных правил образования терминов, как первичных, так и производных от них. Известно, например, что названия минералам присваиваются по самым различным основаниям. Ничем подчас не

---

\*) На это обстоятельство впервые, по-видимому, указал А.В. Бухникова в статье [4], большинство положений которой мы не разделяем.

оправдано введение сложных терминов, состоящих из монем иностранных языков. В связи с морфологической неоднородностью геологическая терминология малоудобна для оперирования, а восприятие ее затруднено.

Синтаксическая неоднородность геологического языка порождена отсутствием строгих правил построения высказываний и логического вывода. В качестве синтаксиса в языке геологии используется синтаксис естественно-го языка, на основе которого можно делать, вообще говоря, неоправданные умозаключения, особенно если нарушаются даже его наиболее обязательные логические нормы и правила. Многочисленные типичные логико-синтаксические ошибки (такие, как некогерентность, тавтология и др.), допускаемые геологами при построении дефиниций, формулировании выводов, создании словарей и других текстов подробно анализировались в работах И.П. Шарапова [15], [16] и др.

Одним из выражений несовершенства геологического языка является, как известно, беспрецедентный объем его словаря, насчитывающего десятки тысяч(!) терминов, причем темпы расширения словаря в геологии гораздо выше, чем в других областях знания [3]. По одной только этой причине многие исследователи, будучи не в состоянии затрачивать время на выяснения смысла ранее введенных терминов, идут по пути создания собственных терминов и даже локальных языков, что в свою очередь еще более ускоряет лавинообразный процесс расширения словаря.

### 3. Причины недостатков геологического языка и возможные пути их преодоления

Поскольку особенности языка и отражают, и определяют познавательные подходы конкретной науки и состояние ее теории, постольку понятно резкое преобладание в геологии описательных, эмпирических исследований, осуществляемых с помощью органов чувств, преимущественно визуально. Термины, соответствие которых обозначаемым объектам задается посредством наглядных представлений, составляют не только основу, но и большую часть словаря геологии, в связи с чем в обучении геологическому языку преобладают остенсивные способы. Если в построениях математики и физики нетрудно разобраться по источни-

кам, то проникнуть с достаточной глубиной в геологию, например, какого-либо региона таким путем невозможно. Для этого необходима непроезжая и нелегкая полевая работа по установлению конкретного смысла терминов, использованных предшествующими исследователями, и уяснению "правил", которыми они руководствовались при выделении объектов и последующем отражении их в знаковых конструкциях.

Поскольку в природе возможно выделение неограниченного множества объектов (свойств, отношений, явлений, состояний и т.п.), каждому из которых может быть дано собственное название, постольку в условиях расширения эмпирических исследований определенная скорость роста количества терминов в словаре геологии закономерна и неизбежна. Наряду с пополнением и переосмыслением понятийно-терминологической базы геологии идет и некоторая перестройка синтактики геологического языка, однако в целом на эмпирическом пути он не может стать стройной знаковой системой, по-настоящему действенным познавательным средством.

Дело в том, что результаты эмпирических исследований сами по себе предоставляют крайне ограниченные возможности для получения знаний опосредованным путем, обладают малой эвристичностью. Ни строгое соблюдение правил вывода, ни введение однозначных математических терминов не могут существенно увеличить познавательные возможности эмпирического подхода в отсутствие логически стройной — и, главное, содержательной — геологической гипотезы или теории. Именно поэтому при эмпирическом подходе язык практически не совершенствуется, длительное время сохраняет все присущие ему недостатки.

В условиях эмпиризма современный геологический язык не только не облегчает, но подчас даже затрудняет общение исследователей и передачу информации, а главное, остается мало пригодным для каких бы то ни было логически строгих построений, особенно дедуктивных — теоретических в собственном смысле. Отсутствие же последних лишает геологию и критерия, и способа свертки информации, ограничения ее словаря.

Таким образом, сколько существует геология, столько времени безотказно работает отлаженный стихийно механизм: чем интенсивней "компенсируется" отсутствие геологической теории

расширением эмпирии тем быстрее растет, становясь необозримым, словарь терминов, непригодных для теоретического познания. Попытки же теоретических построений на существующем несовершенном языке (или же на геологически необоснованных, волюнтаристски вводимых абстрактных языках), естественно, остаются бесплодными, что, в свою очередь, компрометирует теорию и стимулирует дальнейшую эскалацию эмпирии.

Неоднократное подчеркивание взаимосвязи понятийно-терминологической базы и познавательных подходов геологии преследует единственную цель — обосновать принципиальную несостоятельность каких-либо односторонних попыток совершенствования языка, игнорирующих любой из элементов упомянутого механизма,

Прежде чем перейти к обсуждению предлагаемых путей совершенствования геологического языка, констатируем следующее. Несмотря на единодушное признание состояния геологического языка неудовлетворительным, в настоящее время отсутствуют согласованные взгляды на пути его совершенствования — что именно, как и в каком порядке следует для этого предпринять, какие требования предъявлять к нему в семантическом и синтаксическом планах и, соответственно, какие результаты в ближайшем будущем и в перспективе можно ожидать от желаемого совершенствования.

Нет смысла останавливаться здесь на традиционных частных мерах по улучшению геологического языка — уточнении смысла отдельных терминов, отбраковке синонимов и т.п. Очевидно, что любые средства, помогающие геологам овладеть совокупностью геологических знаний и понимать друг друга, полезны, а потому эти традиционные меры безусловно оправданы и необходимы. Однако столь же очевидно, что и бесстрастно констатационные и критически аналитические (например, [11], [12], [14]) справочники лишней раз убеждают в необходимости совершенствования языка, но не указывают кардинальных путей совершенствования. Не решает проблемы даже более систематическая работа в том же плане многочисленных организаций, специально призванных вырабатывать требования к терминам, а в ряде случаев и контроли-

ровать развитие языковой номенклатуры – минералогической, стратиграфической, палеонтологической и т.п.

Общий подход к совершенствованию языка геологии через формализацию геологических понятий, подход, который, казалось бы, объединил всех его ревнителей, был провозглашен в начале 60-ых годов новосибирскими исследователями, прежде всего Ю.А.Ворониным и Ю.А.Косыгиным; по прошествии времени выяснилось, однако, что на формализацию понятий у разных исследователей существуют различные точки зрения. Сами инициаторы подхода в грубой первоначальной схеме понимали под формализацией разовое аксиоматическое построение системы исходных понятий всей геологии или некоторых ее областей, таких, например, как геотектоника. И хотя с годами требование охвата формализацией всей геологии само собой отпало, как нереальное в принципе, остались в силе следующие характерные положения первоначальной схемы.

1. Сосредоточение усилий на совершенствовании языка исключительно с формальной, синтаксической стороны, в частности – на заимствовании геологией строгих языков математики и физики, не связанных содержательно с какими-либо геологическими гипотезами или теориями.

2. Ориентация на безусловно революционный характер мероприятий по совершенствованию языка и перестройки геологии – как в смысле одновременности охвата каждой из подлежащих формализации областей, так и в смысле игнорирования накопленных в этих областях закономерностей (особенно генетических), понятий и теоретических построений.

Критика этих положений, особенно первого, содержится в целом ряде работ, в том числе и наших [8],[9], но если никто из ученых, по-видимому, не рассчитывает на преобразование геологии путем формальной, чисто синтаксической перестройки ее языка, то надежда на чудесное, разовое обновление геологии тем или иным способом все же сохраняется по сей день. Такое обновление, вероятно, имеет в виду С.Ф.Васильченко, говоря о создании "некоторой системы минимального количества определений и аксиом, операциями над которыми по формальным логико-математическим правилам можно было бы экономно и точно опи-

сать все остальные явления, находящиеся в ведении данной науки" [5]. Полагает реальным революционный, "конструкторский" путь создания строгой теоретической геологии и А.М. Боровиков [2].

Если действительно признавать факт взаимосвязи понятийно-терминологической базы науки и ее познавательных подходов, то согласиться с упомянутыми положениями, конечно, невозможно. Безусловно, наивна и неосуществима идея конструирования рядом с существующей несовершенной, эмпирической геологией новой — строгой, научной геологии; тем более — конструирования исключительно формальными (логико-математическими) языковыми средствами при игнорировании гипотетико-генетических представлений — этих, хотя и несовершенных по форме, но теоретических по сути, построений современной геологии. Реалистична иная точка зрения, согласно которой создание новой геологии и отвечающей ей понятийно-терминологической базы следует рассматривать как результат [8], конечную цель эволюционной перестройки существующей геологии. В ходе этой перестройки основной упор в плане совершенствования языка должен быть сделан на изыскание способов уточнения и перепределения геологического содержания понятийно-терминологической базы, способов приведения ее в соответствие теоретико-геологическим представлениям, как существующим, так и нарождающимся. Именно это важное положение становится несущественным для сторонников революционного пути перестройки геологии: коль скоро язык тоже намереваются сконструировать сызнова, вопрос о его содержательной преемственности остается в тени, на первый план выдвигается организация языка по форме, которая только в дальнейшем будет "заполнена" неким "новым" геологическим содержанием. В результате получается, что формализация языка рассматривается в качестве главного средства его совершенствования и необходимого условия дальнейшей перестройки геологии.

Сказанное не означает что формализация языковых средств, т.е., во-первых, строгое в логическом плане определение вновь вводимых терминов и, во-вторых, уточнение логическим путем значений уже используемых терминов (их экспликация), не нуж-

на вооруже. Напротив, — и в этом теперь уже, по-видимому, ни у кого нет сомнений — она действительно необходима, но не сама по себе и не в качестве главного средства, а как элемент научного метода геологии. Только включенная в общепознавательный процесс, но не предшествующая ему, формализация может способствовать совершенствованию и языка геологии, и содержания ее теоретических высказываний. Впрочем, иного нельзя допустить и в принципе, если, конечно, не подвергать сомнению справедливость исходного тезиса: язык — материальная оболочка мысли. Поэтому вполне закономерно, что в работах, где совершенствование языка рассматривается в качестве предварительного условия перестройки геологии, анализируется, хотя бы того их авторы или нет, предельно широкий круг вопросов, затрагивающих самые разные аспекты познавательной деятельности.

#### 4. Теоретико-геологические построения — главный путь совершенствования языка геологии

Подытоживая результаты проведенного анализа, остановимся вкратце на необходимых, с нашей точки зрения, требованиях к мероприятиям по совершенствованию геологического языка.

Предполагается известным и очевидным, что "природа без человека не имеет принципов или критериев, с точки зрения которых одни границы окажутся более предпочтительными, чем другие"; поскольку "все качества, принадлежащие комплексу, слагающему вещь, играют в ее "существовании" принципиально одинаковую роль" ([5], стр. 140). Принципиальным представляется утверждение, что и человек, расчленяя природу физически или мысленно, далеко не всегда осознанно руководствуется вполне определенными принципами или критериями выделения объектов, не может гарантировать исключения неконтролируемой подмены критериев. Сказанное относится не только к обыденной жизни и производству, но и к сфере научной деятельности, где убедительнейшим примером выступает современная геологическая наука. Действительно, выделение разнообразных объектов, свойств, отношений по "принципу" бросающегося в глаза или в соответствии с безоглядным поддержанием исторически сложившихся традиций — типичнейшая черта геологических исследований, эмпирических в основе своего ме-

т о д а .

Выше уже говорилось, какими отрицательными последствиями для языка чреват этот объективный фактор — преобладание в геологических исследованиях эмпирических методов. Весьма велика отрицательная роль и другого объективного фактора — беспредедентной многоаспектности и неопределенности предмета геологии, включающего почти целиком, правда, в некоторой геологической проекции, предметы физики, химии и других наук, что объясняет большое разнообразие геологических дисциплин, пресловутые "сто специальностей геолога". Нередко, однако, эта многоаспектность считается надуманной, с целью обосновать ничем, якобы, не оправданную неопределенность предмета геологии. В качестве контрпримера обычно ссылаются на тоже многоаспектную, но тем не менее строго определенную в каждом из своих "подразделов", физику. В противоположность физике геология зарождалась и поначалу развивалась как нерасчленимое искусство рудознания, в котором лишь со временем выделились минералогия, стратиграфия и десятки других геологических дисциплин с более или менее определенными предметами. При этом потребности экономики удовлетворяли и удовлетворяют не "частные геологии", а именно геология в целом, поскольку, например, даже прямой поиск месторождений требует комплексного учета всех геологических факторов, изучаемых различными частными дисциплинами, и в этом отношении природу в натуре (а не в лаборатории) невозможно заставить считаться с преходящим делением науки на дисциплины. "Природа не предстает перед нами разделенной на дисциплины. Нет явлений физических, химических, биологических и т.д. Дисциплины — это способы, которыми мы изучаем явление: они обусловлены точками зрения, а не объектами наблюдений" ([1], стр.12).

Таким образом, предмет геологии в целом объективно более многоаспектен, "синтетичен", чем предмет физики, и в то же время неопределенен даже во многих своих "подпредметах". В этих условиях любой ученый-геолог в процессе эмпирического познания практически столь же не обременен принципами и критериями выделения объектов(и, соответственно, — понятийно-терминологического отражения последних), как и неученый. Ибо "принципы и кри-

тери" – категории, по определению, теоретические, А коль скоро речь идет о расчленении природы с геологической точки зрения, то это категории из области геологической теории, т.е. теоретико-геологические. . Иными словами, принципы и критерии должны быть логически выведены (т.е. получены дедуктивно) из целостной понятийной системы – теории, которая, удовлетворяя синтаксически общелогическим формальным требованиям, семантически основана на какой-либо геологической идее.

Содержательно оправданный, эффективный критерий минимизации понятийно-терминологической базы конкретной науки, в частности, геологии, невозможно найти вне теории этой науки; теории, которая задает и контролирует необходимое в ее рамках ограничение разнообразия подлежащих эмпирическому выделению объектов, свойств, отношений и других геологических "денотатов", обозначаемых геологическими терминами. Строгость, однозначность терминов обеспечивается строгими дефинициями, закрепляющими в языковой форме их формализованное содержание, и эти дефиниции суть специфическое выражение именно содержательных теорий, тогда как высказывания об объектах, лишенные функций дефиниций, – типичные проявления эмпиризма, не ориентированного теорией.

Таким образом, единственно возможный путь коренного совершенствования геологического языка как ф о р м ы геологической науки пролегал через совершенствование самого знания и методов его выведения как с о д е р ж а н и я этой науки. Из этого следует, что основная задача в деле совершенствования языка состоит в переоценке и упорядочении существующих геологических идей и методов и в поиске или выводе (в том числе на основе фундаментальных наук) новых исходных геологических концепций. Отсюда очевидна также неприменимость к указанному пути таких названий, как "реформа", "революция", и т.п., и, напротив, оправданность названий "управляемое развитие", "направленная эволюция" и т.п.

В порядке обоснования требований, которые должны быть предъявлены к „теоретико-геологическим построениям“, как мероприятиям по совершенствованию языка, необходимо более конкретно определить их существо в нашем понимании, сосредоточив внима-

ние на содержании термина "теоретическое", поскольку смысл термина "геологическое" ясен из предыдущего.

Как известно, новое научное знание может быть получено из двух источников — объективной реальности, природы, и ранее накопленного научного знания. Получение знания из первого источника необходимо связано с эмпирией — экспериментом и наблюдением.

В отличие от этого прямого пути получения знания, опосредованный, теоретический путь состоит в д е д у к т и в н о м в ы в е д е н и и нового научного знания из знания существующего. Понятие "теоретическое построение" в нашем понимании соответствует в операциональном отношении понятию "дедуктивный вывод".

Такое понимание теоретического не только не отменяет, но напротив, делает более обоснованным выполнение всех известных научных формальных требований к языковой базе науки, что касается и геологии. Имеются в виду требования определенности языка (формализованности и однозначности терминов) и однородности его, обеспечиваемой четкими правилами образования терминов и построения высказываний.

Действительно, о какой дедукции, о каком силлогизме может идти речь, если используемые понятия не ф о р м а л и з о в а н ы, а обозначающие их термины многозначны в рамках д а н н о г о вывода? Учитывая изложенные выше доводы, можно утверждать, что действительно эффективная формализация геологических понятий, т.е. такая, которая опирается на анализ их с содержательной стороны, обязательно должна быть неразрывно связана с тем или иным теоретико-геологическим построением. Тем самым формализация, во-первых, не может быть всеохватывающей, а всегда локальна, ограничена рамками данного вывода, данной теории, а во-вторых, как и вывод в целом, неосуществима при отсутствии ключевой, исходной геологической идеи, гипотезы.

В соответствии с формализацией, принятой в данной теории, используемые в ней понятия должны получить однозначные определения и отвечающие понятиям термины; никакое теоретико-геологическое построение путем дедуктивного вывода не может быть эффективно реализовано при нарушении этого требования. Отсут-

ствие строгих дефиниций служит также причиной того, что далеко не любые индуктивные обобщения пригодны для выведения из них проверяемых следствий. Неформализованность, неопределенность понятий, многозначность терминов подавляющего большинства индуктивных геологических обобщений ("закономерностей") не позволяет что-либо выводить из них без дополнительного акта формализации, а значит, и содержательного переосмысления. С другой стороны, именно преобладание эмпирического, чисто индуктивного метода исследования как раз и объясняет то обстоятельство, что в современной геологии дефиниции практически отсутствуют и подменяются высказываниями об объектах, лишенными функций дефиниций.

Не менее важно при построении теорий дедуктивным путем соблюдение логических правил вывода и выполнение всех остальных синтаксических требований к языку науки.

Отдельно следует остановиться на роли в совершенствовании геологического языка методов и средств математики. Эта роль не столь велика, как обычно считают, неявно включая в математику традиционную логику и теорию познания. В то же время, безусловно заслуживает особого внимания тот факт, что язык математики представляет собой явление уникальное: по простоте, определенности, однозначности символики и, вместе с тем, по богатству правил построения высказываний, правда, в значительной степени собственно математических, а не геологических. Тем не менее эти особенности ставят язык математики в совершенно особое по сравнению с другими языками положение, определяя его универсальность и тем самым предпочтительность. Беспрецедентные формализованность, строгость и богатство абстрактных правил вывода обеспечивают языку математики ту а к т и в н о с т ь ф о р м ы , которую было бы неоправданно не использовать в максимально возможной степени в качестве одного из мощных средств повышения эвристичности геологических теорий и совершенствования языка геологии.

Итак, представляется обоснованным утверждение, что е д и н с т в е н н о э ф ф е к т и в н ы м и в этом смысле главным путем совершенствования геологического языка являются теоретико-геологические дедуктивные построения, немислимые без

исходных геологических идей и гипотез. Обоснованным представляется и то, что эти построения неосуществимы, если не соблюдаются требования определенности и однозначности соответствующих терминов, а также отсутствуют или не соблюдаются правила вывода терминов и высказываний. В целом можно заключить, что рассмотренный путь совершенствования языка — путь эволюционный, который нельзя подменить какой бы то ни было революционной реформой, и, в то же время, путь, требующий определенной методологической и формально-логической подготовленности исследователей. Организация соответствующего обучения, если его не пускать на самотек, — пожалуй, единственная реформа, действительно разовое организационное мероприятие на общем фоне эволюционного развития теоретической геологии.

#### Л и т е р а т у р а

1. Р. Л. АКОФ, Ф. Е. ЭМЕРИ. О целеустремленных системах. М., "Сов. Радио" 1974. 270 с.
2. БОРОВИКОВ А. М. К соотношению традиционной геологии с современной математикой и логикой — "Геология и геофизика", № 4, 1968, с. 137—141.
3. БОРОВИКОВ А. М. О фактическом состоянии тектонической терминологии. — "Геотектоника", № 1, 1968, с. 3—7.
4. БУХНИКАШВИЛИ А. В. К вопросу о "математизации" геологии. "Изв. АН СССР", сер. геол., № 1, 1972, с. 3—15.
5. ВАСИЛЬЧЕНКО С. Ф. Философские аспекты формирования геологических понятий. — "Геология и геофизика", 1968, № 3, с. 138—143.
6. Геология и математика. Новосибирск, 1967, 254 с.
7. ГОРСКИЙ Д. П. Проблема общей методологии наук и диалектической логики. М., "Мысль", 1966, 373 с.
8. ЖУКОВ Р. А. Системно-кибернетический подход как главная предпосылка математизации геологии. — Труды ВСЕГЕИ Нов. сер. т. 180, 1973, с. 170—176.

9. ЖУКОВ Р.А., ТКАЧЕВ Ю.Р. Ключевые вопросы проблемы математизации геологии. - В кн.: "Применение ЭВМ в геологии и горн. деле" Л., 1971, с. 95-110.
10. КОНДАКОВ Н.И. Логический словарь-справочник. Изд. 2, М., 1975, 717с.
11. КОСЫГИН Ю.А., ВОРОНИН Ю.А. Некоторые фундаментальные понятия структурной геологии. - "Геотектоника", №1, 1965, с. 51-60.
12. Материалы по тектонической терминологии. Ред. Ю.А. КОСЫГИН. Новосибирск, ч. 1-1961, 155с., ч. 2-1963, 115с., ч. 3-1964, 257с.
13. САЛИН Ю.С. Анализ методов стратиграфической синхронизации. - "Геология и геофизика", № 4, 1974, с. 27-34.
14. СОЛОВЬЕВ В.А. Тектоника континентов (Систематизация понятий и упорядочение терминологии). Хабаровск, Хабаровское кн. из-во, 1975, 366с.
15. ШАРАПОВ И.П. Проблемы метанауки и их отражение в геологии. - В кн.: "Философские проблемы геологии". Труды свердловск. горн. инст. им. Вахрушева, вып. 115(4), Свердловск, 1974, с. 117-129.
16. ШАРАПОВ И.П. Учет формально-логических требований при уточнении геологических понятий и терминов. - В кн.: "Методологические вопросы геологических наук", Киев, "Наукова Думка", 1974, с. 17-34.

В.А.Воронич

### О НЕОБХОДИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

Основными причинами отставания службы информации в общей системе геологоразведочных работ являются:

- 1) сложность геологической науки, собирающей в себя значительное число разнородных отраслей и строящейся преимущественно на качественных определениях и описаниях,
- 2) изжившие себя методические приемы накопления информации,
- 3) слабое административное вмешательство и связанное с этим отсутствие единой направленности в преобразовании сбора и хранения информации.

Создалось положение, когда наряду с математизацией и ЭВМ, внедряющимися в геологию, с зарождением АСУ-геология разных уровней, тесно уживаются закостенелые традиции и методические приемы, устаревшие инструкции и требования. С одной стороны, давно назревшая необходимость коренного изменения службы информации, с другой - громоздкая и слабо систематизированная масса различных материалов, лавинообразный поток которых беспрерывно растет.

С ростом числа математических групп и наращивания парка ЭВМ, казалось бы, должны сократиться и пойти на спад описа-

тельные аспекты геологии. Однако, как бы в отместку всяким начинаниям по созданию информационного банка, геология преуменьшает информационную базу в форме, которая не может быть приемлемой не только для какой-либо ИПС, но и для любой удовлетворительной систематики данных. Описанием обнажений, разрезов, горных выработок, буровых скважин заполнены все геологоразведочные организации. Для описания одной скважины глубиной в 500 м требуется две полевые книжки. А в крупной разведочной партии бурят до 400-500 скважин. (К примеру, одна из партий Алмалыкской ГРЭ бурит 40 тыс. п.м. скважин в год средней глубиной 600 м и заполняет соответственно более 120 полевых книжек). Не трудно представить объем написанного - написанного по произвольной форме и часто без надлежащего контроля, написанного разными лицами с различным профессиональным навыком. То же относится и к описанию горных выработок. Десятки и сотни тысяч страниц рукописи только в одной партии. Миллионы страниц в экспедиции. А затем эти страницы, являющиеся основой для всей последующей интерпретации, преобразуются во всевозможные геологические построения и отражаются в многотомных отчетах, информационная цена которых хорошо известна. По информационной преимственности описательные аспекты в научном обрамлении заполняют абсолютно большинство наших геологических журналов. Автор этих строк уже говорил о том, как проводится сбор первичной геологической информации, о ее бесконтрольности и низком уровне<sup>ж)</sup>. Но нотки тревоги остались незамеченными.

Казалось бы в лучшем положении находится информация по опробованию. Документация отбора проб ведется по форме, близкой к унифицированной, а журнал опробования регламентирован инструктивно для всех геологических организаций Союза. Тем не менее, хранение и накопление данных по опробованию не упорядочено и не централизовано, особенно при поисковых и тематических работах. Отсюда потеря трудно восполняемой и дорогостоящей информации, отсюда дублирование и излишние затраты. Почти закономерно, что на одной и той же площади в разные годы,

---

ж) В.А.Воронич. К вопросу об информационном базисе и математизации геологии. - В сб.: "Применение математических методов при поиске полезных ископаемых". Новосибирск, 1974.

а иногда одновременно, разные партии или отряды проводят поиски только на определенный вид полезного ископаемого. Одни опробуют на олово, другие на бокситы, третьи на золото. По прошествии некоторого времени вновь организованная партия начинает свою работу по взятию проб, поскольку результаты опробования предыдущих исследователей отыскать трудно.

О все более растущей лавине первичной геологической информации свидетельствует увеличение объемов и, соответственно, затрат на поисковые и разведочные работы. Средняя по объему работ поисковая партия тратит 150-200 тыс.рублей в год. Большинство из партий направлено на поиски весьма ограниченного числа элементов (часто на один) и тем не менее затраты по одной экспедиции составляют 60-70% общих ассигнований, в среднем не менее 2-3 млн.рублей. Это только на чистые поиски, но сюда нужно прибавить затраты на прогнозные и оценочные работы, на различные тематические исследования, в том числе и геофизические, направленные на выдвижение геологических перспектив. Так например, в объединениях "Ташкентгеология" и "Самаркандгеология" поиски занимают около 60% общих затрат, а по всему Мингео УзССР - более 30%. Так, в 1974 г. из общего бюджета в 120 млн.руб. на поиски затрачено 42 млн. руб.

Основная причина таких колоссальных затрат - выполнение плановых заданий, в существе которых, несмотря на формально составляемые многолетние перспективные планы, кроются интересы сегодняшнего дня. Другая причина, допускающая эти затраты, состоит в том, что в целом они все-таки окупаются, но именно в целом. Какая-нибудь экспедиция, например Чаткальская ГРЭ, за всю историю своего длительного существования не открыла ни одного стоящего месторождения на огромной площади, но затраты этой и подобных ей экспедиций в масштабе республики окупались открытием одного крупного месторождения Мурунтау.

В той же Чаткальской экспедиции на одной и той же площади проводили по несколько раз поисковые, геохимические, литолого-структурные, прогнозные и другие тематические и научно-исследовательские работы. Одних только прогнозно-металлогенетических карт составлено в разные годы около 10 и снова утвержден проект на подобные работы. И снова будут выискиваться из отчетов исходные данные, снова будут проводиться целевые

полевые работы, снова будет вестись опробование. Сотни тысяч проб, миллионы образцов в год, но нигде эти материалы не систематизируются и не централизуются.

Простое упорядочение всех исходных данных со всеми проведенными анализами (хотя бы строгий вопросник, обязательный для всех геологов Союза) сократило бы число повторений сделанного, сэкономило бы несколько миллионов рублей. И это возможно. Мы обладаем огромнейшей армией ученых, такой, какой нет, по-видимому, ни в одной другой отрасли знаний. В одном только Мингео СССР 45 научно-исследовательских институтов с филиалами; кроме того, более 20 тематических экспедиций, подобных Алма-атинской КОМЭ и Киевокой или Ташкентской МЭГЭИ, которые можно приравнять институтам. Итого 65 научно-исследовательских подразделений только в одной системе. Но еще есть более 20 институтов по линии академии наук (союзной и республиканских) Таким образом, 85 научных организаций. Но и это не все. Научно-исследовательские работы ведут почти все геологические кафедры на соответствующих факультетах института или университета. Таким образом, цифра 100 наверняка не будет преувеличенной. И цифра эта может удвоиться, если посчитать все научные ячейки родственных Министерств - цветной и черной металлургии, угольной промышленности, нефтяной, газовой и т.д. И вместе с тем вопросами упорядочения информационной базы по настоящему никто не занимается, а если и начали заниматься, то калейно, без действенной централизации, хотя и существуют головные институты, например, ВИЭМС.

Закономерно возникшие разработки унифицированных систем сбора и накопления данных в настоящее время направлены пока только на вторичную геологическую информацию, главным образом, на письменную, среди которой затронуты лишь внешние источники (опубликованная литература). Здесь очевидна линия наименьшего сопротивления, идущая по стопам уже созданной базы реферирования.

А те миллионы страниц, которые накапливаются в геолого-разведочных партиях, остаются вне всякого научного внимания, хотя ценность этих страниц огромна. Это описание добытого с глубин керна, это описание и зарисовки горных выработок тяжелого типа, т.е. первичные материалы, которые по простетивии

нескольких лет проверить будет совершенно невозможно — (штольни, как правило, обваливаются, а керновые ящики гниют, разваливаются, и керн превращается в ненужную грудку камней).

Не лучше состояние вторичной внутренней (фондовой) информации. Ежегодно в Территориальный геологический фонд Узбекистана поступает около 250 отчетов (в 1975 г. было сдано 276) средним объемом не менее 400 страниц, не считая графических приложений. Это 100 тысяч страниц ежегодно и 500 тысяч за пятилетие. На составление каждого отчета уходит от 4 до 12 и более месяцев работы руководящего состава партии. Но самое страшное, что добрая половина этих отчетов после их сдачи в фонды никем не раскрывается.

Более 15 лет в устных и печатных выступлениях автор не устает говорить о настоятельной необходимости сокращения геологической отчетности. Были предложены простейшие формы, позволяющие сократить отчеты по поисковым и поисково-разведочным работам в 7–10 раз без всякого ущемления инструктивных и содержательных требований. Эти формы испробованы на двух уже составленных отчетах, выбранных случайно; в результате один отчет был составлен на 14 страницах против 199, другой на 31 против 211. Эти формы получили одобрение на местах, рекомендовано было их внедрение. Одобрены они были и геологическим отделом Мингео УзССР. Но составленные в 1976 г. по этой форме три отчета, принесшие большое удовлетворение их авторам, очень долгое время не принимались в фонды (не по правилам-де). Кроме того, начатые в одной крупной партии эксперименты по системной документации, были запрещены отделом геологического контроля из-за несоблюдения инструктивных требований. И все идет по-прежнему. По-прежнему складываются в фондах многотомные отчеты, по-прежнему копяются полевые дневники с описаниями и зарисовками, по прошествии определенного времени сдающиеся в архив. Но поскольку число обращений к этому архиву близко к нулю, можно судить об интересе к сдаваемому материалу.

Не лучше, если не хуже, состояние сбора и хранения геологической информации на действующих рудниках, несмотря на то, что рудничным геологам предоставлена возможность наблюдать (в очистных забоях, карьерах и т.д.) то, что обычно скрыто от глаз поисковиков и разведчиков. Документациям и особен-

но зарисовкам не придается должного внимания. Более того, на отдельных рудниках не ведется учет не только условий локализации добытых руд, но даже количества этих руд. В свое время автору для выяснения размещения полиметаллических руд в Карамазаре и распределения их в зависимости от стратиграфических, литологических, структурных условий понадобились данные о количестве руд. И если сбор сведений по разведочным запасам не составил особого труда, то сбор сведений о количестве добытой руды оказался весьма затруднительным. Не помогли ни пухлые папки, ни архивные материалы. Создалось впечатление, что рудники живут интересами сегодняшнего дня. Возможно, что сейчас на рудниках по металлическому сырью учет добытого находится в надлежащем и удобоваримом состоянии. Но учет добытых в отрасли неметаллов в особенности стройматериалов все еще в запустении. Никто не сможет дать сведения не только о количестве добытого песка, гравия, строительного известняка, но и о количестве облицовочных камней, в том числе и такого, как знаменитый газганский мрамор. Вряд ли у кого может возникнуть вопрос: "А зачем это нужно?". Не говоря уже о том, что процесс изъятия необратим, учет добытого — одно из условий охраны недр. И не следует, по-видимому, доказывать, что этот учет имеет самое прямое отношение к прогнозной оценке. Не учитывать при прогнозе добытого все равно, что не учитывать той части руды, которая была эродирована, т.е. не учитывать существа процесса минерализации и в целом его масштабов.

Все это невозможно без налаженной службы информации. Нисколько не стесняя краски, можно сказать, что служба геологической информации нуждается в коренной ломке, здесь нужна своя НТР. И по всей видимости рано еще геологам, занимающимся поисками и разведкой, заигрывать с математикой и ЭВМ. Могут ли разумно существовать и взаимодействовать ЭВМ и информационный базис, построенный на многомиллионных страницах абсолютно не систематизированного первичного материала, к тому же мало объективного и собранного, в основном, младшим геологическим персоналом?

Назрела необходимость выделения из всей огромной массы исходной информации той ее небольшой части, которая имеет тот же смысл, что и содержание сейфа банка, в котором хранится

только золото и другие супердрагоценности (алмазы, платина и т.д.). В геологии — это неизменяемая информация, не могущая иметь двояких толкований, и объективность которой всегда может быть проверена при заданных пределах погрешности (примеры информационного сейфа — каталог координат, журнал результатов опробования).

Необходимость создания информационного сейфа наиболее остро ощутилась при решении геологических задач с помощью математических методов. Вопрос стоит так — или продолжать исследования по автоматизации сбора всех данных, таящих в себе "рациональное зерно" среди облекаемой его плевелы, или, пользуясь четкими критериями, помещать в запоминающие устройства ЭВМ только содержание сейфа банка. Особенно резко эта альтернатива встает в области первичной геологической информации, не могущей удовлетворять из-за отсутствия систематики, значительного объема несовершенства понятийной базы и, самое главное, весьма расплывчатых цели и задачи, предъявляемых к первичной геологической документации.

Изменение системы документации может вестись по двум направлениям.

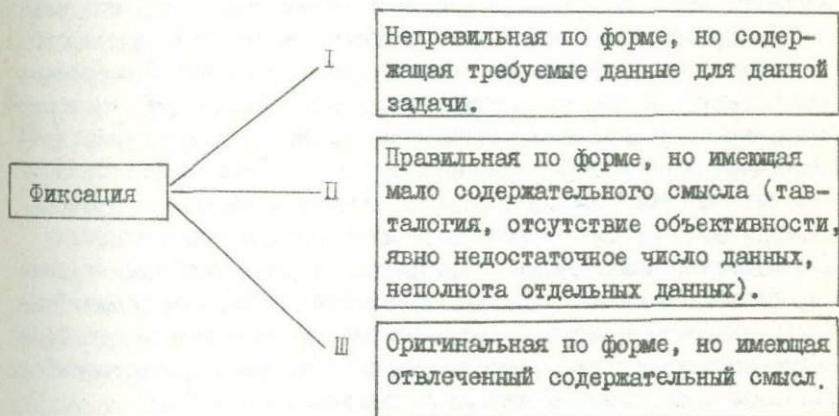
Первое — коренное изменение существующих требований и инструкций, перестройка всех видов геологической документации по форме и содержанию с четко обозначенными задачами и целью. Задача документации — выполнение сбора информации по унифицированным формам, предусматривающим однозначную фиксацию наблюдаемого. Цель — создание исчерпывающего сейфа данных, могущих быть отправным началом всех последующих интерпретаций.

Второе направление — паллиативное, это частичное изменение службы геологической информации и переход на современные основы ИПС по отдельным отраслям при сохранении традиционных смысловых форм. Это изменение не требует директив сверху и выполняется организациями научно-исследовательского профиля без реальных запросов геологов-практиков. Несмотря на, казалось бы, некоторые ощутимые сдвиги, второе направление не в состоянии дать полного и окончательного решения вопроса по созданию информационного сейфа по следующим причинам:

1) Все виды первичной геологической информации взаимосвязаны, изменение одного потребует немедленного изменения другого. Эта взаимосвязь существует как между отдельными

отраслями геологии и разными масштабными уровнями (информация по металлогеническим поясам и рудным полям или рудным районам и рудопроявлениям), так и между административными подразделениями (изменение служб информации в какой-либо одной отдельно взятой организации, хотя и послужит примером, не решит проблемы в целом). 2) Разработка новых форм информации чаще всего ведется не как общесоюзная директивно узаконенная проблема, предусматривающая важнейшие запросы геологов, как сегодняшние, так и обозримо будущие. 3) Трудность преодоления психологического барьера, порожденного инерционностью и кажущимся удобством пользования традиционными формами информации.

В настоящее время существуют три вида геологической фиксации наблюдаемого:



Кроме того, необходимо, как прогрессивное исключение, выделить и четвертый вид — логическая по форме и содержанию фиксация наблюдаемого.

Фиксация первого вида обычно ведется сотрудниками тематических и научно-исследовательских организаций без соблюдения инструктивных положений, обязательных для геологоразведочных работ, и отвечает какой-либо узкоотраслевой задаче.

Фиксация второго вида, наиболее распространенная в геологоразведочной практике, в общем случае содержит описание с весьма ограниченным словарным запасом, сводящееся к перечис-

лению внешних свойств видимого объекта без всякой целевой направленности и зарисовки геологических ситуаций, так же далеких от выделения наиболее важного, и от связи с другими геологическими объектами.

Фиксация третьего вида, менее распространенная, производится преимущественно лицами, занимающимися тематическими исследованиями и чаще всего создается в формах с расчетом на ту идею, которой в своих исследованиях следует исполнитель (так называемая информация на себя).

В целом все три вида фиксации далеки от содержания сейфа банка.

Признавая рациональным путь кардинального изменения системы первичной геологической информации, можно высказать следующие предложения в направлении создания информационного сейфа, имеющего неограниченные возможности объективной интерпретации.

#### I. Разработка способов однозначной фиксации наблюдаемого.

Суть этого предложения заключается в том, чтобы восприятие объектов и оценка ситуаций производилась в форме, которая максимально исключила бы возможность разноречий. Степень квалификации и интуиции, влияние которых неизбежно в естественных науках, может быть учтена без потери смыслового существа фиксируемого путем оптимального разбиения уровня восприятия и допущения таких ответов в рубриках систем документации, как "не знаю", "не понял", и т.д. Естественно, что эта форма фиксации приведет к необходимости изменения способов геологического мышления и к возможности непосредственной преемственности опыта высококвалифицированных геологов.

Все описание следует производить в два четко разграниченных этапа: 1) производящееся непосредственно на месте и 2) после выполнения лабораторных, геофизических и др. исследований.

К примеру, полное описание рудных тел может осуществляться заполнением таблицы со следующими рубриками: 1, m, c, h,  $\beta$ ,  $\alpha$

B, K,  $\Phi$ , m, OM, ГЗО (соответственно протяженность, мощность, содержание, разведанная глубина, угол падения, азимут падения, вмещающие породы, характер контакта, форма тела, минералогический состав, тип околорудного метаморфизма, глубина зоны окисления и ее состав), где m, h,  $\alpha$ ,  $\beta$ , K,  $\Phi$  могут быть замерены и охарактеризованы на месте без каких-либо дополни-

тельных исследований. Для заполнения рубрик на первом этапе необходимо указание средних величин, колебания (от-до) и цены измерения в трехбальной системе (например,  $\beta = 40^{\circ}$  (3)  $\alpha = 315^{\circ}$  (1) означает, что в первом случае замер вполне достоверный, во втором - недостоверный). Замеры с оценкой I не должны вноситься в сейф до тех пор, пока не будет повышена их достоверность. На втором этапе вносятся результаты анализов (С), петрографические и минералогические определения (В, ОМ, М).

Необходимость однозначной фиксации привела к поискам более эффективных способов документации. Рациональным следует считать опытные разработки по фотографической документации подземных выработок, хотя во многом этот способ вызывает справедливые возражения. Весьма интересен опыт геологической документации горных выработок с использованием логико-дискретного анализа, позволяющего зафиксировать и оценить важнейшие рудо-контролирующие факторы\*).

К сожалению, все эти предложения повисают в воздухе, не подвергаются широкому обсуждению и не затрагивают в должной мере ни сферу сверху, ни сферу снизу.

2. Разработка способов автоматического и полуавтоматического "считывания" данных геологических карт и последующий ввод этих данных во внешние запоминающие устройства.

Начатые уже разработки в этом направлении следует рассматривать лишь как обучение, поскольку считывание непосредственно с геологических карт, по всей видимости, не может быть по настоящему результативным и эффективным прежде всего из-за неизбежного допущения вольности интерпретации при рисовке карт (нагляднейшим примером такой вольности является часто встречаемая несовместимость при сбивке листов геологических карт, составленных различными авторами). Такое считывание целесообразно проводить только с карты фактического материала, которая должна быть соответственно усовершенствована и содержать все исходные данные в опорных точках: состав пород, фауну, элементы залегания, характер контакта, характеристику разломов со всеми измеренными параметрами и направлениями смещения (линии разломов и другие линейные единицы, если они совершенно

---

\* ) Р.М.Константинов, С.В.Сиротинская. Логико-информационный анализ геологической документации. Разв. и охрана недр, № 3, 1973.

четко не прослеживаются визуально, должны либо вообще отсутствовать, либо рисоваться по строгим законам ограниченной интерпретации и экстраполяции). Особенно тщательно следует фиксировать зоны изменения и любые рудные проявления. При необходимости данные такой карты, занесенные в память ЭВМ и представляющие собой типичный сейф, могут послужить основой для различных геологических построений и составления отраслевых карт — магматических, тектонических, прогнозных и т.д.

3. Создание тезауруса и формализация основных понятий в области поисков и разведки. В отношении формализации уже много сделано группой Ю.А. Воронина (некоторые попытки предприняты автором<sup>\*</sup>).

4. Накопление и хранение результатов всех видов опробования, включая контрольные анализы, во внешних запоминающих устройствах ЭВМ. (Это предложение в комментариях не нуждается).

5. Резкое сокращение объема отчетов и проектов при сохранении необходимого смыслового содержания, который должен определяться только потребителем информации. Значительную часть этих работ следует выполнять в виде унифицированных таблиц, не допускающих тавтологию. Обычный текст должен отражать главным образом новые методические приемы, положенные в целевую направленность проведенных и проектируемых работ, а также аргументированные идеи и гипотезы, способствующие созданию генеральной основы методики и направления геологоразведочных работ.

6. Создание общесоюзной ЕСГД (единой системы геологической документации) путем унификации всех видов и масштабов документации.

---

<sup>\*</sup> В.А. Воронин. Формализация основных понятий в структуре геологоразведочных работ.—В сб.: "Применение математических методов и ЭВМ при поисках и разведке полезных ископаемых". Новосибирск, 1976.

Ю.А. Воронин

ЕЩЕ РАЗ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ (ПО ПОВОДУ СТАТЬИ  
В.В.ГРУЗА, Р.А.ЖУКОВА и Ю.Р.ТКАЧЕВА "ГЕОЛОГИ-  
ЧЕСКИЙ ЯЗЫК: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТ-  
ВОВАНИЯ")

I. Всякий, кто касается геологического языка независимо от его образования и положения в научной иерархии, отмечает вот уже свыше тридцати лет, так или иначе, его неудовлетворительность. Давно замечены и описаны его основные недостатки. Все с воодушевлением призывают к его совершенствованию. Имеется значительное число работ, вскрывающих по-разному и разные причины неудовлетворительности геологического языка, предлагающие различные пути его совершенствования. Все с воодушевлением спорят об истинных причинах и эффективных путях. Работают различные нормативные, в частности, терминологические комиссии, издаются различные материалы, справочники и словари. Книжит большая работа. Однако со временем неудовлетворительность геологического языка по общему мнению растет и, как справедливо отмечают В.В.Груза, Р.А.Жуков и Ю.Р.Ткачев, растет очень быстро. Вот этот поразительный факт, по-нашему мнению, и нуждается, в первую очередь, в объяснении.

2. Видимо, сейчас имеется общее представление о том, что такое язык, научный язык и геологический язык. Все согласны с тем, что совершенствование геологического языка как основного теоретического инструмента следует рассматривать не как самоцель, а лишь как одно из средств развития теоретической геологии. Однако, по-видимому, геологический язык как основной теоретический инструмент слишком сложен и потому для определенной части геологов его исследование и совершенствование следует рассматривать как самоцель. Положим, уравнения математической физики не являются самоцелью физики, они — лишь средство для ее развития, однако они слишком сложны и потому имеется значительная часть физиков, для которых их исследование и совершенствование является самоцелью. Нужен и важен, прежде всего, узкий, глубоко профессиональный подход к совершенствованию геологического языка.

Нужно отдать себе отчет в том, кто и где может такой подход реализовать.

3. Неудовлетворительность геологического языка, как справедливо отмечается упомянутыми авторами, не есть следствие каких-либо врожденных особенностей мышления геологов. Можно думать, что геологами не рождаются, ими становятся в результате обучения, вернее научения. Неудовлетворительность геологического языка, по-видимому, есть следствие парадигмы геологии, принятого стиля мышления и действия геологов. Стил мышления и действия геологов, как недавно напомнил Ю.С.Салин, еще в 1866 году были подвергнуты уничтожающей критике Г.Спенсером, однако без каких-либо последствий.

4. Прежде чем ставить вопрос о путях совершенствования геологического языка, пытаться выяснить как его следует проводить эволюционным или революционным путем, видимо, следует поставить вопрос о том возможно ли его совершенствование. Вопрос этот, как нам представляется, отнюдь не лишний, в особенности в связи с отмеченным в п. I. При этом важно отметить и осознать следующий факт: для подавляющего большинства геологов, в том числе членов АН СССР, существующий язык привычен и приемлем, они умеют с ним "хорошо работать". Если его сменить, то многие, если не все, окажутся в большом затруднении. Что может заставить их поменять язык, быть может, к выгоде для геологии, в

чем они искренне сомневаются, но наверняка к невыгоде для них? Видимо, следует считать, что при сохранении парадигмы геологии, стиля мышления и действий геологов, лучший образец которого демонстрируют В.В.Груза, Р.А.Жуков и Ю.Р. Ткачев в критике формалистов, никакое совершенствование геологического языка, эволюционным или революционным путем, невозможно. Возможно, периодически, лишь его некоторая переделка, отвечающая вкусам тех или иных геологов.

5. Представим себе, что в нашем распоряжении уже имеется язык поисков и разведки полезных ископаемых, который отвечает идеалам формалистов. Значит ли, что при этом автоматически в нашем распоряжении окажется нужная нам теория поисков и разведки? Разумеется, нет, и это блестяще показали упомянутые авторы. Как они справедливо отмечают, в отсутствие хорошей геологической гипотезы и хороших априорных предположений такой теории возникнуть не может. Такой язык может лишь помочь строго фиксировать геологические гипотезы и априорные предположения, дать возможность строго исследовать их и быстро видоизменять. Наличие подходящего языка лишь необходимое, но далеко не достаточное условие построения теории. Видимо, в самом начале должен возникать грубый вариант языка, затем грубый вариант теории, затем более полный вариант языка и т.д.

По нашему глубокому убеждению нельзя на первых порах много требовать, а тем более много ожидать от геологического языка, представляющего собой идеал формалистов. Тем более, что его созданием занимается чуть более десятка человек и притом, фактически, на любительских началах.

6. Среди тех, кто считает уместным формализацию геологического языка, а к ним относятся и В.В.Груза, и Р.А.Жуков, и Ю.Р.Ткачев, расхождения в рабочем плане сводятся к расхождению в требованиях, которым должен отвечать язык теоретической геологии, и к расхождению в направлении работ по его созданию.

7. Видимо, все из них согласны с теми минимальными требованиями, которые были сформулированы новосибирскими формалистами в 60-х годах. (Заметим, что эти требования, как сейчас выяснилось, были сформулированы очень расплывчато и наивно. Однако, их уточнением следует заниматься тем, кто от этого надеется получить некоторое удовлетворение). Многие, в том,

числе упомянутые авторы и, положим, Ю.С.Салин хотели бы предъявить к языку теоретической геологии дополнительные требования (в частности, избавиться от волюнтаристских тенденций в выборе абстракций и получить его геологическое обоснование, увязать с геологическими традициями). В чем суть этих дополнительных требований, выполнимы ли они и как их проверять — не очень ясно, но они весьма похвальны и, видимо, говорят о многом.

8. В принципе, формализация геологического языка возможна лишь следующими путями:

(1) Посредством выбора и уточнения исходных известных геологических понятий с учетом накопленного геологического опыта дефиниций и существующих правил употребления.

(2) Посредством создания системы новых исходных понятий с учетом накопленного геологического опыта по проведению различных геологических работ (например, поисков и разведки полезных ископаемых). Как это видно из первых публикаций новосибирских формалистов, вначале они двигались первым путем. Сейчас этот путь представляется нам безнадежным. Во-первых, потому, что исходных геологических понятий нам отобрать не удалось. Хорошо бы, если бы кто-либо, более ловкий, смог бы это сделать (или оценить их число) и притом желательным геологически обоснованным образом. (Те понятия, которые мы принимали, с учетом традиций, за исходные, например, понятие горной породы и понятие одновозрастности, оказалось невозможным удовлетворительным образом формализовать. Не все из нас готовы признать это публично, но это уже другое дело. Более того, как представляется сейчас, эти понятия, как и другие, принимавшиеся нами за исходные, в принципе таковыми быть не могут). Видимо, этот путь безнадежен не только для нас. Все, кто до сих пор двигался по этому пути, получили такие дефиниции, что их впопугу передать в коллекцию И.П.Шарапова. (Любопытно в связи со сказанным познакомиться, например, с определениями минерала, горной породы и полезного ископаемого, которые даны Ф.П.Кренделевым и С.Ф.Кренделевым).

Последние десять лет, часть новосибирских формалистов, скажем прямо, малая часть, движется по второму пути. К настоящему времени построена некая система новых исходных понятий

(геологическое пространство, тела, границы, их взаимоотношения, операции выделения, описания, сравнения, разделения, упорядочения, оценивания и т.д.).

9. Как представляется, кроме дискуссий о геологическом языке, конечно, очень важных, пора бы заняться и самим геологическим языком. В конце концов нас интересует, прежде всего, сама система исходных понятий геологии, а не то, кем, как и на каких основаниях она получена.

Сейчас имеется в нашем распоряжении, по крайней мере, один из возможных вариантов этой системы исходных геологических понятий. Почему до сих пор почти никто, кроме авторов, не хочет в этой системе разобраться? Уже неоднократно было показано, что эти исходные понятия могут работать, среди них лишних нет, они во всех смыслах, лучше соответствующих традиционных представлений. Возможно, что они непривычны геологу, вероятно, они еще недостаточно хороши, возможно нужно добавлять новые исходные понятия.

Важно отметить, что авторами этой системы являются и люди, которых никак нельзя обвинить в незнании или нежелании учесть специфику геологии: академик Ю.А.Косыгин, член-корреспондент АН СССР Э.Э.Фотиади, доктор г.-м.наук В.А.Соловьев, кандидат г.-м.наук А.М.Боровиков, кандидат г.-м.наук Э.А.Еганов и др.

По-видимому, имеется только единственный приемлемый путь критики созданной кем-либо системы исходных геологических понятий: детальный разбор и создание альтернативы. В этом смысле можно отметить лишь работы С.В.Гольдина и Ф.А.Усмано-ва.

10. По мнению В.В. Груза, Р.А.Жукова и Ю.Р.Ткачева (это мнение ранее разделяли и мы), геология возникла как ответ на запросы практики поисков и разведки полезных ископаемых. В 1972 году Г.Пешел отметил, а позднее, в 1975 году, А.Л.Яншин блестяще обосновал, что геология возникла как некоторая реакция на геологию. Лишь позднее она присвоила себе и роль методологии и теории поисков полезных ископаемых.

Видимо, это действительно так. Конечно, нельзя и думать сейчас в короткий срок построить какую-то новую теоретическую геологию. Однако есть надежда попытаться создать, положим,

новые методологию и теорию поисков полезных ископаемых, которые, возможно, будут в состоянии более успешно помогать практике. В это можно разрешить верить, надо разрешить и работать над этим, например, во ВСЕГЕИ МинГеоСССР, положим, за счет сокращения числа исследователей, которые утверждают свои и опровергают чужие глобальные генетические и исторические гипотезы, пользуясь таким языком, на котором можно лишь объясняться и убеждать.

Г. Пешель, П. Колышков

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

І. В в е д е н и е

На протяжении тысячелетий человеческое общество производило на различных ступенях своего развития разнообразные продукты, не задавая себе вопроса, в достаточном ли количестве имеется для этого сырья. Сегодня же, когда объем общественного производства достиг таких размеров, что субстанция, структура и естественные процессы в граничном слое литосфера-атмосфера заметно изменились в результате человеческой деятельности, возникают серьезные сомнения в том, хватит ли сырьевого потенциала нашей планеты для дальнейшего развития общественного производства. Некоторые буржуазные идеологи, в особенности члены так называемого "Рымского клуба", предсказывают человечеству всеобщую катастрофу уже в следующем веке, важным фактором в возникновении которой будет, по их мнению, истощение сырьевой базы [1].

В связи с этим в геологии возникли новые задачи после долгого времени, когда результаты исследований не имели почти никакого мировоззренческого и непосредственно политико-идеологического значения.

В 18-ом и 19-ом веках теоретические обобщения имели в геологии большой методологический, философский и мировоззренческий вес. Основатель научной геогнозии Абрагам Готтлоб Вернер, который первым начал изучать эту науку в 1785 году в Германии в Горной Академии города Фрайберга, обогатил своим методом научного наблюдения над природой одновременно все, тогда существующие естественно-научные дисциплины. Ф.Энгельс назвал геологию, а особенно геологическую теорию эволюции английского ученого Чарлза Лайеля, как вторую из "шести брешей", которые естествознание пробило в старой теологии. В результате этого было преодолено идеалистическое представление о сотворении мира [2].

В последнее время результаты геологических исследований имели не слишком большое философское значение, несмотря на то, что мы не могли бы удовлетворить наши материальные потребности, не обладая конкретными результатами работы геологов.

Такое противоречие обусловлено в первую очередь развитием самой геологии. Быстрый рост фактов в геологии не вызвал в соответствующей мере рост активности в их глубокой теоретической обработке, и по сравнению с другими естественными науками в геологии можно заметить некоторое отставание развития теории. Проф. А.В.Сидоренко отмечает по поводу теории образования руд, нефти и газа: "К сожалению, геологическая наука продвигается очень медленно в этом направлении в последние годы. Основные теоретические представления находятся на таком уровне, какой был уже достигнут за 20-30 лет до этого" [3].

Состояние современной геологической теории можно охарактеризовать с точки зрения методологии следующим образом: Теоретические результаты в геологии обладают преимущественно индуктивной надстройкой и гипотетическим характером и отражают предмет исследования односторонне и только относительно общих естественно-научных проблем. Эти результаты стоят довольно независимо от практики, являются сравнительно общей попыткой объяснить практические явления, почти не помогают ей и мало ценятся [4].

Конечно будут "открыты" источники сырья, иногда чисто случайно, иногда с помощью систематического поиска, но всегда проверяя те или иные гипотезы. Теоретически основанный прогноз какого-нибудь месторождения (примерно как вычисление харак-

теристик Менделеевым еще неизвестного тогда элемента Германия, или, как недавно предсказанный в Дубне учеными социалистических стран трансурановый элемент, с атомным весом 107) на сегодняшний день еще невозможен. Эту задачу должна поставить себе геология, если она хочет быть в соответствии с потребностями, которые возникнут со стороны человеческого общества на пороге следующего столетия по отношению к науке в исследовании естественных ресурсов.

## 2. Предмет геологической теории

Предметом геологической теории является систематическое, логически свободное от противоречий и возможно полное отражение геологической формы движения материи, которая представляет собой не что иное как форму образования, развития и существования геологических тел, т.е. специфических из пород состоящих макрообъектов космических тел с затвердевшими или с затвердевающими внешними оболочками [4].

Не всякая геологическая исследовательская работа связана с геологической формой движения материи в ее общности [4]. Геология всегда была тесно связана с поиском и разведкой сырья, с энергетикой и материальным производством, с горным делом и другими научными дисциплинами. При этом геологические исследования превращаются в прикладные исследования в поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. Предметом прикладного геологического исследования и разведки является форма образования, развития и, прежде всего, существования геологических тел с точки зрения их использования в человеческом обществе. При этом конкретное применение находят общие познания геологических исследований вместе взятых, а так же и результаты конкретных исследований прикладных геологических работ, дополняя эти общие геологические познания [4].

Определенное геологическое тело в своем диалектическом единстве вещественных, структурно-систематических и исторических определяющих элементов всегда в определенном смысле является индивидуальным. При этом можно воспользоваться определением "чистого" геологического исследователя Бубнова, что интерес представляет "не индивидуум как самоцель, а индивидуум как представитель рода" [5]. В прикладных геологических

исследованиях, напротив, главный интерес заключается в индивидуальных свойствах рассматриваемого геологического тела. Тогда речь идет не о каком-то граните, например, а об определенном граните, о его размерах, контактных зонах, о его рудных жилах. Этот различный подход к предмету исследования в "чистой" геологии (геологическое тело "само по себе") и в "прикладной" геологии (геологическое тело "для нас") отражается в конечном счете в различиях между общей геологической теорией и теорией поиска и разведки месторождений полезных ископаемых.

Общая геологическая теория исследует и описывает геологическую форму движения материи в ее единстве. Эта теория имеет среди прочих следующие задачи:

1. Развитие системы основных понятий в геологии (например, "геологическое тело", "геологический закон", "геологический процесс", "геологическая систематика" и т.д.).

2. Систематизация геологической терминологии (стратиграфическая терминология, понятия о породах, терминология геологических структурных форм, систематика понятий о фациях, понятия о формациях и т.д.).

3. Исследование и корректное описание геологических закономерностей (например, магматизм и тектогенезис, связь между геологическими процессами в коре и структурой построения, связь между фациями и средой, закономерности образования месторождений, диагенезис, метаморфизм и т.д.).

4. Разработка партикулярных и специфических элементов геологической методологии (классификация сложного множества объектов, обращение сложных условий отображения и т.д.).

Теория поиска и разведки месторождений исследует конкретные геологические тела, а именно, с точки зрения их использования, для потребностей человеческого общества. Эта теория использует результаты общей геологической теории для процесса познания в поисках и разведке месторождений. В соответствии со структурой процесса познания определенного геологического объекта она состоит из 3-х вместе действующих частей:

1. Теория проектирования и проведения геологических исследований (технология поиска и разведки месторождений).

2. Теория комплексной интерпретации геонаучной информации.

### 3. Теория прогноза.

Дальше мы рассмотрим состав этих частей и их задачи с познавательно-теоретической точки зрения.

#### 3. Познавательно-теоретические основы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых

Процесс познания определенного геологического объекта (территории, области поиска, месторождения, единиц эксплуатации и т.д.) имеет циклический характер, причем все более высокий уровень познания достигается при многократном прохождении такого цикла (Рис.1) [6]. Общепринято обозначать отдельные познавательные циклы или группы циклов определенным понятием (например, исследование территории, поиск, разведка, подготовка к разработке, открытие месторождения, разработка и т.д.).

Ограничение и обозначение отдельных фаз имеет практическое, а не принципиальное значение. Разделяя фазы или этапы, следует обратить внимание на то, чтобы взаимосвязь процессов не была потеряна вплоть до этапа эксплуатации. Для упрощения мы будем говорить лишь о "поисках и разведке".

#### 3.1. Задача поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

С познавательно-теоретической точки зрения задача поисков и разведки месторождений состоит в конструировании моделей исследуемого геологического объекта. При этом требуется эквивалентность между высказываниями о свойствах модели и высказываниями о свойствах исследуемого объекта. В этом случае на основе модели можно сделать вывод о том, как должен выглядеть следующий познавательный цикл, следует ли исследования продолжать или их следует прекратить. Когда достигнут определенный уровень познания, исследования оканчиваются геологами и продолжаются горняками.

Каждый цикл процесса познания исходит из следующих основных предпосылок:

1. Существует априорная модель с предварительными данными о геологии, месторождениях, о горно-строительных возможностях исследуемого объекта и т.д.

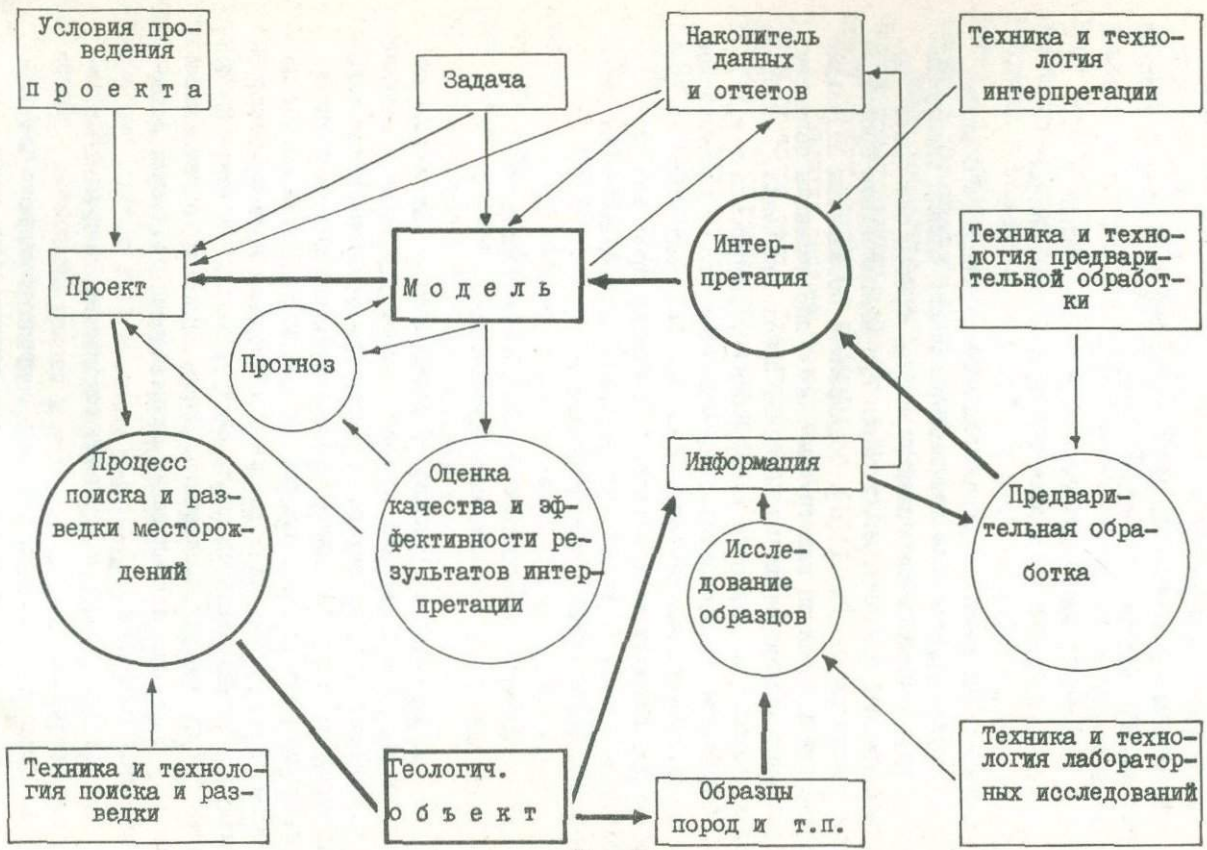


Рис. I

62

2. В связи с решаемой задачей зафиксирована совокупность свойств (или совокупность отношений) исследуемого объекта, о которых нужно сделать выводы, а также совокупность требований о точности этих выводов.

3. Зафиксирована совокупность условий, при которых осуществляется процесс поиска и разведки.

Эта основа процесса поиска и разведки в настоящее время может быть полностью формализована во многих случаях.

### 3.2 Проектирование и проведение геонаучных исследований

В первой фазе каждого познавательного цикла теоретически вырабатывается план проведения соответствующих поисковых и разведывательных работ. Такой план, зафиксированный в письменном виде в так называемом, проекте, в познавательно-теоретическом смысле охватывает все мероприятия практического воздействия на исследуемый геологический объект соответствующими средствами (приборами для глубинного бурения, измерительными приборами и т. д.). Систематическое исследование возникших закономерностей является предметом теории проектирования геонаучных исследований. Особенно важно знать, как с предусмотренными средствами и с минимальными экономическими затратами можно получать всю информацию, исходя из имеющихся априорных знаний и учитывая условия, недопускающие отклонений. Эта информация необходима для уяснения подробностей данной постановки задачи. На основе связи теории и метода изменяются теоретические элементы проектирования с растущими знаниями об объекте. В начале на первом плане стоят систематические наблюдения с целью получения как можно большей информации. На более высокой степени познания потребуется специальная информация для проверки определенных гипотез. В конечном счете проектирование и прогноз все больше сближаются.

Наиболее важными элементами теории проектирования являются следующие:

а) общие и специальные закономерности пространственного распространения месторождений,

б) общие и специальные закономерности состава и структурных свойств месторождений,

в) теория оптимальной системы наблюдения (сеть бурения, расположение приборов в разрезе, система взятия проб, пространственное изменение геологических объектов и т.д.),

г) специальные теоретические основы отдельных методов разведки,

д) теоретические основы техники разведки, добычи и переработки, в том числе и сырьевого хозяйства.

Реализация проекта поиска и разведки является предметом геонаучной поисково-разведочной практики. Здесь при преодолении активных противоречий с геологическим объектом исследования (территория, область поиска) измеряется при помощи соответствующих рабочих средств (устройства для бурения, лабораторные приборы и т.д.) совокупность геонаучной информации о геологическом объекте исследования и документируется для дальнейшей обработки. Этот элемент процесса поиска и разведки имеет сегодня далеко идущий промышленный характер и требует в качестве теоретической основы во все большем масштабе развитие технологии геонаучного поиска и разведки месторождений [7], как результат теории проектирования геонаучных исследований. Посредством теоретического обобщения многих конкретных процессов исследования достигается оптимальный план поиска и разведки. На фазе реализации проекта дополнительно к уже названным теоретическим основам большое значение приобретают следующие теоретические элементы:

а) специальные технологии отдельных методов разведки,

б) теоретические основы развития и применения автоматической системы управления,

в) теоретические основы документирования и сохранения геонаучной информации,

г) теоретические основы поправок, оценивания и представления результатов наблюдения.

### 3.3. Интерпретация геонаучной информации

Информация, полученная при разных поисковых и разведочных работах, является пока информацией об отдельных свойствах геологического объекта исследования (непосредственная информация) или информацией об явлениях, закономерно связанных с определенными свойствами данного геологического объ-

екта исследования (косвенная информация). Преобразование в информацию о геологическом объекте, в смысле ответа на открытую постановку вопроса к решаемой задаче, последует лишь в процессе интерпретации геонаучной информации. Сущность интерпретации, при которой достигается выигрыш в познании при процессе поиска и разведки, состоит в конструкции модели геологического объекта исследования. Модель должна выглядеть так, чтобы как можно больше истинные высказывания о ее свойствах являлись одновременно истинными высказываниями о свойствах исследуемого объекта. Типичными формами представления моделей геологических объектов исследования являются части разреза, карты и т.д. Поскольку высказывания о свойствах моделей получаются в большинстве случаев из комплекса разнообразных и по-разному связанных друг с другом информации, процесс интерпретации является процессом комплексной интерпретации геонаучной информации. Этот процесс комплексной интерпретации может быть охарактеризован с познавательной-теоретической точки зрения как индуктивный образ действий в дедуктивных рамках [4]. При этом потребуются специфические методологические элементы, которые из-за особенно сложной структуры геологических объектов не могут быть перенесены из фонда методик других естественных наук, но которые частично должны быть развиты или дополнены в рамках общей геологической теории. Такими специфическими элементами методологии являются, например, следующие:

- а) методика классификации сложных объектов,
- б) методика обращения сложных гомоморфных отражательных процессов, которые возникают в геологических закономерностях,
- в) методика диагноза сложных объектов, закономерностей и процессов, т.е. отнесение соответствующих индивидуумов к классам эквивалентных объектов и другие.

Одновременно с интерпретацией полученной информации необходимо провести оценивание качества (надежности) полученной модели геологического объекта исследования. Качество модели следует определять на основе тех требований, которые ставит решаемая задача к высказываниям о свойствах исследуемого объекта. При этом следует обратить внимание на то, что точность с которой могут быть сделаны эти высказывания, зависит прежде всего от качества и количества использованной в интерпретации

информации. Прежде всего следует определить при оценивании надежности результатов интерпретации, какая информация, в каком количестве и какого качества должна быть предоставлена в последующей поисково-разведочной фазе.

И, наконец, другая задача интерпретации состоит в оценке эффективности всего процесса поиска и разведки. При этом необходимо сравнить результаты интерпретации с соответствующими оценками качества затрат, которые нужны для получения и обработки информации.

В настоящее время теория комплексной интерпретации геонаучной информации стоит в центре теоретических исследований. Она уже накопила большое количество возможных к формализации и к практическому применению знаний.

Наиболее важными элементами комплексной интерпретации ее являются:

- а) теория моделей геологических тел, специальных поисковых и разведочных объектов, месторождений и т.д.,
- б) теория моделирования геонаучных закономерностей, а также процессов отражения и развития (теория прямых задач),
- в) теоретические основы выбора функций отклика, мер сходства, правил принятия решения и т.д. соответственно конкретным условиям данной задачи,
- г) теоретические основы оценки качества (надежности, достоверности) результатов интерпретации,
- д) теоретические основы оценивания эффективности поисково-го и разведочного процесса,
- е) исследование случайных компонентов поискового и разведочного процесса.

Эти элементы теории комплексной интерпретации нельзя путать с выше указанными методологическими основами, которые еще частично должны быть разработаны интерпретационной теорией.

### 3.4. Прогноз

Апостериорная информация (т.е. модель исследуемого объекта), полученная в одном цикле геонаучного процесса поиска и разведки месторождений полезных ископаемых при поиске на территории или при разведке определенного месторождения, является

ся в дальнейшем априорной информацией для следующего цикла. В общем сейчас изменились и задача, и условия. Если необходима дальнейшая ступень процесса поиска и разведки, то тот же самый цикл будет пройден с уже измененными исходными условиями. Однако, если получено уже столько информации, что возможен переход от поискового процесса в стадию разведки или от стадии разведки к стадии подготовки месторождения для разработки, тогда фаза планирования дальнейших геонаучных экспериментов дополняется новым теоретическим элементом.

Когда на основе полученной информации и общих геологических закономерностей экстраполированием получают законченную модель по частично несовершенной модели, то мы переходим в стадию прогноза. Элементы теории прогноза частично тождественны элементам теории проектирования. Типичными специфическими элементами теории прогноза являются:

- а) теория экстраполяции геологических свойств, закономерностей и процессов,
- б) теоретические основы применения правил принятия решения при неполной совокупности информации,
- в) теория вычисления запасов полезных ископаемых в месторождении,
- г) теоретические основы моделирования общих и специфических закономерностей вещественных и структурных свойств, а также пространственного распространения месторождений,
- д) теоретические основы моделирования общих и специфических связей между генезисом и распространением месторождений.

#### 4. К дальнейшему развитию теории поиска и разведки месторождений полезных ископаемых

Таким образом, познавательно-теоретический анализ поисково-разведочного процесса приводит к естественному делению решаемых теоретических задач, к логически основанной программе развития теории поиска и разведки месторождений. Отдельные части ее по разному развиты, а главная задача состоит в том, чтобы совершенствовать ее в ее внутренних взаимосвязях таким образом, чтобы получить замкнутую теорию, как основу автоматических систем управления проектированием, практическими работами, интерпретацией и прогнозом. При этом нельзя делать оши -

бок, полагая математические модели, которые имеют некоторое значение при исследовании методологических основ, как жесткую схему. Такой образ мышления, который, к сожалению, в настоящее время в международном масштабе широко распространен, и который пытается развивать геологическую теорию из определенных математических структур (не понимая, что такие структуры являются, может быть, отражением совсем иных материальных структур), приведет либо к идеалистической, а именно позитивистской позиции, либо представляет собой, цитируя Ф.Энгельса: "замкнутую эмпирию, которая позволяет себе думать лишь в форме математического счета" и которая представляет себе, что она "занимается только неопровержимыми фактами. На самом же деле она занимается главным образом с унаследованными представлениями, в большей части устаревшими продуктами мышления своих предшественников" 2. Работая таким образом мы сможем в дальнейшем "открыть" месторождения только более или менее случайно.

В следующем десятилетии изменятся цели и требования прикладного геонаучного исследования. Теоретические элементы, которые в настоящее время только открываются, представят собой в дальнейшем (наверно в более развитых формах) основу познания. В настоящее время прежде всего необходимо лучше изучить взаимосвязь этих элементов и их взаимодействие с последующим вводом в практику (например, автоматизированными системами с участками, допускающими диалог).

### Резюме

С помощью познавательного-теоретического анализа процесса поиска и разведки месторождений полезных ископаемых достигается естественное деление предмета теории поиска и разведки.

Дается определение 20 тематических задач теоретических исследований в следующих 3 группах:

1. Теория проектирования и проведения геонаучных исследований (технология поиска и разведки месторождений).
2. Теория комплексной интерпретации геонаучной информации.
3. Теория прогноза.

## Л и т е р а т у р а

1. MEADOWS D., MEADOWS D., ZAHN E., MILLING P. Die Grenzen des Wachstums, Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg 1974.
2. ENGELS F. Dialektik der Natur, Dietz-Verlag, Berlin 1961.
3. SIDORENKO A.W. Die Geologie und der wissenschaftlich-technische Fortschritt - Zeitschrift f. Angewandte Geologie, 17, 6, 209-213, Berlin 1971.
4. PESCHEL G. Grundprobleme der theoretischen Geologie im Lichte der materialistischen Dialektik, Wiss.-techn. Inform-Dienst d. Zentr. Geol. Inst., Jg. 14, Sh.12, Berlin 1973.
5. BUBNOFF S.V. Grundprobleme der Geologie - Akademie-Verlag, Berlin 1959.
6. PESCHEL G. Der Prozeß der geowissenschaftlichen Forschung und Erkundung im Lichte der marxistisch-leninistischen Erkenntnistheorie - Inform-Dienst d. Zentr. Geol. Inst., Jg. 13, Sh.7, Berlin 1972.
7. HETZER H. Beiträge zur Herausarbeitung der Entwicklungstendenzen der geologischen Forschung und Erkundung in der DDR - Dissertation B, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 1976.

И. М. Жигарловский

О СРАВНЕНИИ СХЕМ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ

1. До недавнего времени существовала только одна схема поисков и разведки полезных ископаемых, отраженная, например, в [24]. На основе этой схемы проводятся сейчас все геолого-разведочные работы в СССР. В [7] Ворониным Ю.А. была предложена другая схема. В [15] им была предпринята попытка сопоставить эти две схемы поисков и разведки полезных ископаемых в целях отыскания такой схемы, которая была бы оптимальной с точки зрения применения геофизических, геохимических методов, математики и ЭВМ. Это сопоставление было проведено, как представляется, не совсем полно, в частности, без учета многих других материалов, которыми регламентируются сейчас поиски и разведка полезных ископаемых, без достаточного учета сложившейся практики геологоразведочных работ. Поставим себе целью дополнить сопоставление, проведенное в [15], полагая, что сейчас реально ставить вопрос не о замене одной схемы другой, а лишь о некотором совершенствовании действующей схемы поисков и разведки полезных ископаемых.

2. Остановимся в начале на некоторых общих положениях о поисках и разведке полезных ископаемых в СССР.

Все работы, которые выполняют организации МинГеоСССР и

другие ведомства СССР по выявлению и разведке месторождений полезных ископаемых, называются геологоразведочными работами, они представляют собой комплекс геологических, геохимических, геофизических и горноиспытательских методов.

Геологоразведочные работы в МинГео СССР проводятся по территориальному принципу управлениями, объединениями и трестами. Внутри этих организаций геологоразведочные работы проводятся по видам минерального сырья, так как каждый вид сырья имеет свои особенности, которые определяют методику, технологию и методы этих работ.

Конечной продукцией геологоразведочных работ принято сейчас считать разведанные запасы различных видов минерального сырья в недрах конкретных месторождений [18].

Месторождение сейчас трактуется как пространственно обособленное природное скопление в недрах полезного ископаемого, которое по количеству, качеству и условиям залегания пригодно для рентабельного промышленного использования по имеющейся технологии добычи и переработки. В связи с изменениями технологии добычи, переработки, появлением новых потребителей и областей использования, запасы полезных ископаемых в конкретном месторождении могут существенно колебаться в любую сторону. В связи с чем запасы месторождения — это понятие экономическое и не постоянное во времени.

Запасы полезных ископаемых, заключенные в недрах, называются геологическими. Часть геологических запасов, которые полностью отвечают всем требованиям промышленности и использование которых в настоящее время экономически выгодно, называются балансовыми. Балансовые запасы в границах действующих и строящихся горнорудных предприятий, за вычетом эксплуатационных проектных потерь, называются промышленными запасами. Запасы полезных ископаемых, использование которых в настоящее время нецелесообразно (малое количество, низкие содержания, отсутствие технологии добычи или переработки) называются забалансовыми. Обязательным условием отнесения запасов к забалансовым является возможность их использования в будущем.

Запасы того или иного полезного ископаемого, выявленные в пределах страны, представляют ее ресурсы по соответствующему полезному ископаемому на определенную дату. Совокупность выявленных ресурсов минерального сырья в недрах земли являет-

ся минерально-сырьевой базой промышленности страны.

По степени разведанности участков или частей месторождений запасы разделяются на четыре категории: А, В, С<sub>I</sub>, С<sub>2</sub> и отдельно выделяются прогнозные запасы. Запасы категории А, В называются промышленными, С<sub>I</sub> называются разведанными, а С<sub>2</sub> — предварительно оцененными. Детальность изучения основных параметров строения месторождений по категориям запасов А, В, С<sub>I</sub> и С<sub>2</sub> приведена в таблице I. Степень разведанности характеризуется детальностью изучения участков, густотой сети наблюдения различных свойств месторождения, которая определяется видом полезного ископаемого, сложностью геологического строения участка и устанавливается в каждом конкретном случае экспертами (по аналогии с изученными ранее подобными месторождениями).

Прогнозные запасы — это ориентировочные запасы, подсчитанные для отдельных известных месторождений, для районов с известными месторождениями данного вида минерального сырья или для новых районов на основе общих геологических представлений. Прогнозные запасы не имеют контуров.

Наиболее рациональное использование материальных и трудовых ресурсов достигается путем постановки геологоразведочных работ на конкретных объектах. Выбор объектов и их границы определяются на основе экспертной оценки всех материалов и результатов ранее проведенных геологоразведочных работ на территории данной организации. Работы выполняются на объекте в определенной последовательности, по стадиям с возрастающей детальностью исследований от стадии к стадии (от общего к частному, от редкой сети к густой с увеличением числа изучаемых свойств).

Несмотря на то, что многие из этих общих положений о поисках и разведке полезных ископаемых в СССР, так же как и за рубежом недостаточно четки (это видно и из таблицы I) и дают возможность субъективно интерпретировать их, они все же служат геологоразведочной практике (хотя бы текущего дня). Видимо без их пересмотра, который представляется нам очень сложным и долгим, переход к схеме поисков и разведки полезных ископаемых, предложенной в [7], вряд ли возможен.

В соответствии с [15] конечной продукцией геологоразведочных работ должны быть модели участков, районов, областей и т.д., удовлетворяющие определенным требованиям. Это, видимо,

Т а б л и ц а I

Детальность изучения геологического строения при разведке месторождений по категориям запасов

Основные вопросы, решаемые при разведке	Степень детальности изучения при разведке /по категориям запасов/			
	A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Условия залегания рудных тел	Выяснены полностью	Выяснены основные особенности	Выяснены в общих чертах	По аналогии с изученными ранее
Морфологические особенности рудных тел	—	Определены основные формы залегания	—	По геологическим и геофизическим данным
Внутреннее строение рудных тел	Изучено детально	Определены основные закономерности	—	Единичными выработками
Соотношение участков, сложенных полезными ископаемыми различных природных типов и промышленных сортов	Определено	Выяснены только основные закономерности соотношений	—	По аналогии с изученными
Пространственное положение этих участков	Определено	Оконтурены и подсчитаны запасы по каждому участку отдельно	—	—
Безрудные и некондиционные участки внутри залежей полезных ископаемых	Полностью выделены и оконтурены	Определены основные закономерности в контурах промышленного орудения	—	Не оконтурены
Гидрогеологические и инженерно-геологические условия.	Выяснены	Общие условия выяснены довольно полно	—	По аналогии с изученными
Качество и технологические св-ва полезного ископаемого	Изучены полностью	Изучены	На основе лабораторных проб	—
Схема переработки сырья	Проверена в промышленном масштабе	Обоснована и проверена в полупромышленном масштабе	По аналогии с изученными	—

разумно. Организации МинГео СССР должны быть разделены, прежде всего, по ответственности: только за выбор областей и объектов поиска и разведки, только за выбор средств и методов поисков и разведки, только за качество производимых геологоразведочных работ. (Организации же АН СССР должны быть разделены, прежде всего, по ответственности: только за разработку средств и способов выбора областей и объектов поисков и разведки, только за разработку новых средств и методов поисков и разведки). Это, видимо, разумно (в частности, позволяет построить простые и эффективные критерии оценки деятельности всех геологоразведочных организаций), но это, сейчас, видимо, неосуществимо. Эти вопросы, фактически, социально-политические.

3. Рассмотрим теперь схему геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, подробно описанную, например, в [1, 24]. Эта схема состоит из 6 стадий:

1. Региональные геологосъемочные и геофизические работы.
2. Поиски месторождений полезных ископаемых.
3. Предварительная разведка.
4. Детальная разведка.
5. Разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода.
6. Эксплуатационная разведка.

Основной целью региональной стадии является получение исходных данных для постановки задачи на поиски месторождений полезных ископаемых. На региональной стадии производится изучение геологического региона на все виды полезных ископаемых по редкой сети, затем производится детализация наиболее перспективных частей этого региона на определенный комплекс полезных ископаемых и выделение участков для постановки на них поисковых работ.

Поисковые работы выполняются с целью выявления участков скопления определенных видов полезного ископаемого, прогнозная оценка которых позволяет выявить месторождения того или иного полезного ископаемого.

На выделенных на поисковой стадии участках организуется предварительная разведка, целью которой является оценка промышленной значимости выделенных участков, т.е. только на ста-

диях разведки выделяются месторождения полезных ископаемых для промышленной отработки.

Остановимся подробнее на поисковой стадии геологоразведочных работ, которая подразделяется на три подстадии: общие поиски, детальные поиски и поисково-оценочные работы.

а). Общие поиски - выполнение геологоразведочных работ по выявлению участков, могущих быть месторождениями полезных ископаемых конкретных генетических типов (полиметаллические, свинцово-цинковые месторождения, вольфрамовые месторождения в скарнах и т.п.) на площади выделенных ранее рудных районов или в пределах конкретных рудных полей, для выполнения детальных поисков или поисково-оценочных работ.

При общих поисках оконтуриваются рудные поля, зоны, бассейны, рудные горизонты и т.п., даются рекомендации об очередности дальнейших более детальных работ.

б) Детальные поиски - оценка, путем ступенчатости сети геологоразведочных работ, выявленных при общих поисках объектов, а также на перспективных площадях в районах известных месторождений или на ранее опоскованных участках, если изменились представления о геологическом строении района, и в случае установления возможности применения новых, более эффективных, методов поисков. Итогом детальных работ является оценка перспектив исследованной площади с подсчетом прогнозных запасов и выделение проявлений минерального сырья, заслуживающих дальнейшей оценки.

в) Поисково-оценочные работы - предварительная оценка промышленной значимости перспективных проявлений полезных ископаемых, выделенных на любой подстадии региональных работ. Основной целью поисково-оценочных работ является выбор месторождений для предварительной разведки и отбраковка минеральных проявлений, не имеющих промышленного значения.

На стадиях разведки производится последовательное изучение промышленной значимости выделенных месторождений с возрастающей подробностью (уточнение значений свойств, замеренных ранее, измерение новых свойств, проведение и уточнение границ распространения определенных свойств и т.д.). Основной целью разведочных стадий является оконтуривание участков с балансовыми запасами полезных ископаемых.

4. Практика геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, в частности, в Казахстане и Узбекистане показывает, что фактически строго следуют этой схеме лишь в некоторых, по-видимому, исключительных случаях. Например, при выполнении региональных исследований было выявлено рудопроявление или поступила заявка первооткрывателя о наличии интересного проявления полезного ископаемого. В этом случае все подстадии поисков пропускаются и выполняется сразу подстадия поисково-оценочных работ. Если в результате выполнения региональных исследований некоторая площадь была выделена как перспективная, то участки на этой площади проходят различные подстадии геологоразведочных работ. Часто имеет место выполнение работ последующими подстадиями при получении неопределенных и даже отрицательных работ на предыдущих подстадиях. Например, общие поиски не дали положительного результата, но могут быть продолжены детальные поиски, если перспективы участка обоснованы геологически, т.е. по аналогии с изученными ранее или участок находится в районе действующего горнорудного предприятия.

Можно, например, считать, что:

- (1) Детальные поиски выполняются при любом результате подстадии общих поисков.
- (2) Поисково-оценочные работы выполняются при положительном результате детальных поисков или, если при общих поисках или региональных работах выявлены рудопроявления.
- (3) Предварительная разведка выполняется только при положительном результате поисково-оценочной подстадии.
- (4) Детальная разведка выполняется только при получении положительного результата предварительной разведки. На сложных месторождениях может не выполняться.
- (5) Разведка эксплуатируемого месторождения может производиться и в период его эксплуатации.

Этим мы хотели бы подчеркнуть, что практика геологоразведочных работ и схема поисков и разведки твердых полезных ископаемых не согласованы, так как это предполагалось в [15]. Другое дело — хорошо ли это или плохо? До сих пор, насколько нам известно, нет статистических данных относительно того сколько участков прошли ту или иную последовательность подстадий геологоразведочных работ. Видимо, нет и четких представлений о том, какова должна быть желательная статистика (каж-

дому участку  $i$  на перспективной площади можно приписать вектор  $x_1^i, x_2^i, x_3^i, x_4^i, x_5^i, x_6^i$  где  $x_k^i$ ,  $k = 1 \div 6$ , принимает значение: 1, если работы  $k$ -ой подстанции проводились и дали положительный результат; 2, если работы  $k$ -ой подстанции проводились и дали неопределенный результат;  $-1$ , если работы  $k$ -ой подстанции проводились и дали отрицательный результат; 0, если работы  $k$ -ой подстанции не проводились. Общим поискам отвечает  $k=1$ , детальным поискам  $k=2$ , поисково-оценочным работам  $k=3$ , предварительной разведке  $k=4$ , детальной разведке  $k=5$ , эксплуатационной разведке  $k=6$ . Каждому  $i$ -ому участку можно приписать и частоту  $\gamma_j$ ).

По-нашему главному убеждению, именно анализ упомянутых статистических данных, четкие требования к желательному соотношению этих данных являются сейчас реальным шагом к совершенствованию процесса геологоразведочных работ. В этом направлении пока из [15], видимо, нельзя извлечь конкретных рекомендаций. Важно выяснить, в каких случаях какие участки и какие последовательности подстанций геологоразведочных работ проходят, что мы при этом приобретаем и что теряем. При этом важно учесть влияние имеющихся ассигнований и критериев оценки успешности поисков и разведки, с которыми нельзя не считаться практикам (чего нельзя сказать о рекомендациях ученых).

(По-видимому, может оказаться, что у нас в СССР фактически геологоразведочный процесс с научных позиций регламентирован не более чем за рубежом).

Другим реальным шагом является, как отмечал, в частности, Воронич В.А., изменение геологоразведочной информационной службы.

5. Рассмотрим теперь некоторые вопросы планирования геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые.

Планирование геологоразведочных работ производится, исходя из необходимости увеличения минерально-сырьевых ресурсов страны, повышения их качества с целью обеспечения добывающих отраслей промышленности разведанными запасами полезных ископаемых. На основе пятилетних планов и генеральных программ выполнения геологоразведочных работ для каждого территориального геологического управления ежегодно составляется пообъектный план, который является документом, определяющим цели и задачи

на конкретных объектах деятельности этого управления. Если в районе работ еще не выявлены объекты, заслуживающие дальнейшего изучения, то работы могут планироваться с применением новых методов и способов изучения на основании сходства по геологическому строению заданного района с известными, хорошо изученными районами, в которых найдены месторождения полезных ископаемых.

Планирование геологоразведочных работ любой геологической организации начинается "снизу", т.е. каждая организация, исходя из полученных результатов в текущем году, составляет проекты пообъектного плана и плана прироста запасов или утверждения их в ГКЗ, которые рассматриваются вышестоящей организацией, корректируются и передаются МинГео СССР. В МинГео СССР планы рассматриваются, корректируются и утверждаются.

1. Региональные и поисковые работы в целом по управлениям, по каждому региону.

2. Разведка — поименно на каждом объекте.

Утвержденный пообъектный план является документом, определяющим цели и задачи на конкретных объектах деятельности организации.

Главными показателями плана организаций, переведенных на новую систему планирования и экономического стимулирования, являются показатели геологического задания:

1. Количество запасов, утверждаемое в ГКЗ;
2. Прирост запасов на объектах;
3. Сроки сдачи отчетов;
4. Площади съемок и поисковых работ;
5. Ассигнования.

На основании результатов работ на предыдущих стадиях и подстадиях и, учитывая наличие месторождений на площадях, аналогичных изучаемой площади, в других районах Союза или Земли в целом, составляется геологическое задание, которое является основой для подготовки проектно-сметной документации на объект. Геологическое задание на стадию (подстадию) содержит следующую информацию:

1. Границы объектов.
2. Целевое назначение работ.
3. Поставленная задача.

4. Основные способы решения задач.
5. Ожидаемые результаты работ.
6. Сроки выполнения работ.
7. Критерии оценки результатов.
8. Эксперты по рассмотрению результатов работ на всей стадии (подстадии).

Таким образом, геологическое задание на объект является планом сложного эксперимента, в котором основные способы решения, ожидаемые результаты, сроки выполнения работ определены по аналогии с выполнением таких же задач на ранее изученных подобных объектах.

По утвержденному геологическому заданию составляется единая проектно-сметная документация на всю стадию (подстадию) работ на каждый объект.

Проектно-сметная документация состоит из трех частей:

1. Геологометодическая.
2. Производственно-техническая.
3. Смета.

Геологометодическая часть является детальной расшифровкой геологического задания, в которую входит обоснование выбора комплекса методов, методики работ каждым методом, обоснование выбора сети наблюдений и методики интерпретации результатов. Производственно-техническая часть и смета выполняются на основе методической части и характеризуют только технические и технологические особенности выполнения выбранного комплекса методов, материальные и трудовые затраты в конкретных физико-географических и климатических условиях площади проектируемых работ. Все расчеты производятся по соответствующим справочникам.

Рассмотрим более подробно процесс составления методической части проекта.

Исходя из конкретных геологических условий изучаемой площади, поставленных задач, отраженных в геологическом задании и полученных результатов на объекте в предыдущие годы и стадии (подстадии) исследований, производится выбор и обоснование комплекса методов геологоразведочных работ. Комплекс методов выбирается по аналогии с ранее изученными площадями, находящимися в аналогичных геологических, физико-географичес-

ких и экономических условиях.

Выбор сети измерения свойств производится с учетом размеров минимального объекта поисков или разведки на данной стадии (подстадии), представляющего практический интерес.

В схеме [24], как отмечалось в [15], действительно, явно не предусмотрены этапы выделения, разделения, упорядочения и оценивания. Однако эти этапы присутствуют в ней в виде комплекса геолого-геофизических и геохимических методов исследований. Комплекс методов выбирается исходя из необходимости решения поставленной задачи поисков и разведки, которая не может быть выполнена, если указанные этапы не будут проведены.

Любое методическое руководство по проектированию и выполнению геологоразведочных работ рекомендует:

1. Опоискование или съемку территории по редкой сети.
2. Выбор участков для сгущения сети с целью выделения площадей со сложным распределением замеренных признаков.
3. Сгущение сети на этих участках и замеры дополнительных свойств.
4. Выбор участков для постановки детальных работ на площадях, представляющих первоочередной интерес.
5. Детальные работы на этих площадях.
6. Выбор наиболее перспективных участков.
7. Первичная оценка наиболее перспективных участков и рекомендации по их дальнейшему изучению.
8. Экспертная оценка полученных результатов.

Поэтому любой рациональный комплекс методов выбирается с учетом возможностей каждого метода:

1. Методы геологоразведочных работ для выделения объектов поиска.
2. Методы для разделения объектов поиска.
3. Методы для упорядочения.
4. Методы для оценивания.

Необходимо отметить, что такой выбор методов возможен, но не обязателен. Все зависит от автора проекта и сложившейся практики ведения геологоразведочных работ в данной геологической организации. Геолог при проектировании ориентируется в основном на геологические и горные работы, геофизик — на геофизические, т.е. проектируют "родное".

В целях обеспечения рациональной последовательности проведения геологоразведочных работ и возможности осуществления контроля за ходом их выполнения и промежуточными результатами, работы на каждой стадии (подстадии) выполняются по этапам, которые определяются поэтапными планами на основе проекта работ.

Этапом геологоразведочных работ на объекте является часть геологического задания, в результате завершения которой решается определенная по значению и геологическому содержанию частная задача. Приемка и оценка каждого этапа завершенных геологоразведочных работ данной стадии (подстадии) изучения производится экспертами (специальными постоянно действующими комиссиями).

По результатам геологоразведочных работ на любой стадии и подстадии составляется геологический отчет. Каждый отчет построен вне зависимости от стадии и подстадии по единой схеме:

1. Введение (где проведены работы, какие работы, зачем, почему?)
2. Общие сведения (физико-географическая и экономическая характеристика района работ).
3. Геологическое строение площади работ.
4. Методика работ (набор методов, сеть измерений, погрешности, объемы работ).
5. Систематика выявленных признаков, методика и способы обработки материалов.
6. Результаты работ (характеристика участков и полученных результатов на них, оценка комплекса методов и результатов каждого метода, экономические особенности, влияющие на оценку выявленных и прогнозируемых объектов).
7. Заключение (рекомендации по проведению дальнейших исследований, очередность изучения участков и методика дальнейших работ).
8. Протокол защиты стчета на НТС геологической организации, утверждающей отчет по проведенным работам (экспертная оценка результатов работ на объекте на данной стадии, даются рекомендации по дальнейшему направлению и очередности выполнения работ в изученном районе).

Оценка эффективности работ производится в первую очередь по решению основной геологической задачи, но с обязательной экономической эффективностью, которая оценивается по величине полученной "прибыли", т.е. чтобы фактические затраты, необходимые для выполнения запроектированного объема работ, были ниже, чем предусмотрено сметой. Поэтому, естественно стремление авторов проектов обосновать (при одинаковой информативности) методы и условия производства работ более емкие по материальным затратам, чему способствуют также усредненные расценки и нормы. "Экспертиза проектов и смет на производство геологоразведочных работ и капитальное строительство" обзор за 1973-1974 гг. ВИЭМС, 1975 г. показала, что из 243 проектов только в 2-х проектах смета была увеличена, а остальные уменьшены от 2.2 до 42,4%, в среднем на 11,8% первоначальной стоимости.

6. Из сказанного в п.п. 2, 4 и 5 видно, что схема [24] является лишь неясной тенью действительно имеющегося места геологоразведочного процесса, анализ которой, видимо, не может позволить прийти к каким-либо окончательным выводам. Однако, это не означает, что сопоставление схем поисков и разведки полезных ископаемых, проведенное в [15], не имеет теоретического и практического смысла. Видимо, все или почти все критические высказывания о поисках и разведке, которые приведены в [15], если анализировать весь геологоразведочный процесс, останутся в силе. (Легко себе представить к каким выводам можно было бы прийти, следуя по пути, намеченному в [15], если проанализировать, например, то, что было кратко описано в п. 5

7. В [15] отмечались многие недостатки схемы поисков и разведки полезных ископаемых [24]. В связи с этим имеет смысл сделать некоторые замечания. Эта схема, действительно, является обобщением практики ведения геологоразведочных работ, она оформлена впервые Крейтером В.М. [20], действительно, до недавнего времени она совершенствовалась лишь в деталях [1, 18, 26, 30]. Язык этой схемы нуждается в совершенствовании, ее описание недостаточно ясно, а принципы выделения отдельных геологоразведочных работ явно не фиксированы, на различных стадиях различны, но в основном это масштабы исследований, для выбора которых нет объективных подходов.

Выделение в этой схеме строится на соображениях перспективности отдельных частей геологического пространства, формальное существо которых интерпретировать не удастся. Разделение строится на сходстве с уже известными объектами поиска и разведки, имеющими промышленное значение, на описаниях различной подробности, на мерах сходства, не имеющих однозначного смысла. Схема опирается на сложные показатели [1, 27, 31]

В этой схеме, действительно, используются тривиальные нелинейные решающие правила [10, 14]. Смысл таких понятий, как поиск, регулярное и нерегулярное обнаружение и разведка, формально не уточняется. Основная идея схемы – оценочная, идея решета, последовательного изучения и исключения из рассмотрения объектов, не представляющих промышленного интереса, прекращение работ предусмотрено тогда, когда объект оказывается непромышленным. Контроль за пропусками промышленных объектов схемой не предусмотрен. Явного разделения работ, связанных с постановкой задачи на поиски и разведку (методологических), от работ, связанных с решением этих задач (методических), в схеме нет (отдельно оценить роль руководителей и исполнителей нельзя). Не имеется явного разделения методических работ на теоретические и эмпирические (отдельно оценить роль теоретиков и полевиков нельзя).

В схеме много элементов, которые нельзя объективно обосновать (масштабы, методы работ, ассигнования и т.д.). Вероятно, схема поисков и разведки полезных ископаемых, предложенная Ворониным Ю.А. в [7], также как и его работа [15], действительно могут помочь делу совершенствования геологоразведочного процесса, но только при условии, что они будут в достаточной мере переработаны и согласованы с особенностями всего практически существующего геологоразведочного процесса, проанализированы, освоены и усовершенствованы геологоразведчиками.

Главным недостатком геологоразведочного процесса с точки зрения применения геофизических, геохимических методов, математики и ЭВМ является то, что все его подстадии, как в смысле вещественного, так информационного результата [15], имеют лишь экспертную оценку.

Нам представляется, что главное достоинство работ [7] и [15] состоит в том, что там впервые в мировой практике предпринята

Сравнение структуры действий  
в старой и новой схемах поисков и разведки  
полезных ископаемых

№ п/п	Общая структура действий при решении задач		Новая схема	Старая схема
1	Анализ задачной ситуации	Методологическая часть	Рекогносцировочный цикл	Региональные исследования
2	Формальное описание задачной ситуации			
3	Формальная постановка задачи			
4	Экспериментальное обеспечение задачи	Экспериментальная часть	Поисково-разведочный цикл	Поиски и разведка
5	Математическая постановка задачи	Теоретическая часть		
6	Построение решения	Математическая часть		
7	Исследование решения			
8	Интерпретация и рекомендации по использованию решения	Теоретическая часть		

ПРИМЕЧАНИЕ: 1. В новой схеме имеется явное разделение на методологические, теоретические и экспериментальные работы.

2. В старой схеме нет явного разделения действий на методологические, теоретические и экспериментальные.

## С О П О С Т А В Л Е Н И Е

Старой и новой схем поисков и разведки полезных ископаемых

№/п	Параметры	Наименование схем	
		С т а р а я	Н о в а я
1	2	3	4
1.	Тип схемы с учетом способа представления через элементарные операции:	Инструктивный	Задачный
2.	Исходная специализация схемы	1. По виду полезных ископаемых: твердые, нефть и газ, вода; 2. По сырью: черные металлы, цветные и редкие металлы, благородные металлы и алмазы, уголь, горючие сланцы, торф, нефть и газ, неметаллические полезные ископаемые.	Нет исходной специализации
3.	Зависимость от генетических концепций	Зависит не явным образом	Не зависит
4.	Принципы выделения стадии и подстадии	1. Стадии-практика поисков и разведки, масштабы и методы экспериментальных исследований, целевые установки;	1. Стадии - представление о постановке и решении задач, области и объекты поиска.

I	2	3	4
	<p>2. Подстадии – на разных стадиях различные, с учетом масштабов и методов экспериментальных исследований, целевых установок, областей и объектов поисков и разведки.</p>	<p>2. Подстадии – на всех подстадиях одинаковы, с учетом представлений о решении задач, с учетом областей и объектов поиска, формальных задач, эквивалентности сети с крупной ячейкой и многими свойствами и сети с мелкой ячейкой и малым числом свойств.</p>	
5.	Четкость разделения стадий и подстадий	Недостаточная (отмечается практиками)	Достаточная
6.	Выделения различных функциональных частей на стадиях и подстадиях.		
I.	<p>1. Методологическая часть. Анализ заданной ситуации Формальная постановка задачи</p>		
2.	<p>2. Экспериментальная часть. Получение экспериментальных данных.</p>	Нет явного выделения	Есть явное выделение

I	2	3	4
87	<p>3. Теоретическая часть I. Математическая постановка задач .</p> <p>4. Математическая часть. Построение решения, его исследование.</p> <p>5. Теоретическая часть 2. Интерпретация и использование решения .</p> <p>7. Схема для описания подстадий.</p>	<p>В соответствии с представлениями об инструкции : наименование, назначение, основное содержание, результаты (графические модели, оценки), примечания (специфика проведения экспериментальных работ и специальные требования в особых случаях)</p>	<p>В соответствии с представлениями о постановке и решении задач, наименование, что задано (методологические предпосылки, теоретические предпосылки, информационное обеспечение), что предполагается, что делается (выбор свойств, сети и средств, экспериментальные исследования, решение основных и вспомогательных задач), в чем результаты (вещественный - объекты, информационный I- контроль действий на предыдущей, информационный 2- рекомендации для последующей),</p>

1	2	3	4
8.	Схема для описания этапов подстадии (элементарных операций).	Через инструктивные материалы.	формальное (теоретическое и математическое) обеспечение, примечания (о критериях оценки эффективности, о варьируемых элементах).  В соответствии с описанием постановки и решения формальных задач (исходные представления, экспериментальный материал, теоретические предположения, уточнение цели, ограничения на способы действий, оценка их эффективности), через математические задачи.
9.	Четкость описания с учетом возможности их проведения и оценки их эффективности.	Недостаточная.	Почти достаточная
10.	Логическая основа.	Проводится явно за счет многоэтапного повторения процедур выделения объектов поиска и многократного их оценивания, меняются границы объектов поиска и их описание, в неявном виде проводятся процедуры разделения и упорядочения без специальных экспериментальных исследований на основе индивид. опыта и генетич. представлений.	Проводится явно за счет многократного повторения процедур выделения, разделения, упорядочения и оценивания различных объектов поиска и разведки, их границы не меняются, меняется только их описание

1	2	3	4
11.	Выборочный контроль за пропусками подходящих объектов поиска и разведки, адаптируемость.	Регулярного выборочного контроля за пропусками не предусмотрено, имеется неявная адаптация, через адаптацию специалистов.	Предусмотрен регулярный выборочный контроль за пропусками специальными организациями, имеется явная адаптация через переоценку параметров алгоритмов.
12.	Условия прекращения работ, понятие перспективности.	Работы на объекте прекращаются, если он оказывается непромышленным (или не оказывается промышленным); перспективность определяется без явного учета имеющихся ассигнований, допустимых способов действий, величины риска, по "запасам в недрах".	Работы на объекте прекращаются, если он оказывается непромышленным или не имеющим информационного интереса, связанного с адаптацией, перспективность определяется с явным учетом ассигнований, допустимых способов действий и величины риска, по "извлекаемым без особого риска запасам".
13.	Основная идея	Идея решета, последовательного изучения и исключения из рассмотрения непромышленных объектов, начиная с грубых и дешевых методик и переходом к тонким и дорогим методикам (оценочные функции сохраняются, меняется точность измерения их параметров и аргументов).	Идея последовательного сужения области поиска, частичная замена прямой схемы косвенной за счет накопления эмпирических данных (оценочные функции меняются).

1	2	3	4
14.	Общий характер критерия оптимизации, структура затрат.	Нет ясности. Видимо, частный критерий, отвечающий нулевой цене пропусков, минимизации затрат на не-промышленные объекты на отдельных подстадиях. (функций ГКЗ—устранение ошибок I рода). Только на промышленные объекты, нет контроля за пропусками, учета потерь, учета незавершенки.	Общий критерий с учетом цены пропусков и лишних затрат. Предусмотрены затраты на контроль за пропусками, на контроль за подстадиями, за предыдущими работами, на рекомендации по последующим работам, на адаптацию, на ликвидацию незавершенки.
15.	Условия, при которых схема оптимальна.	Видимо оптимальна, когда имеется очень много объектов, не очень много выделенных объектов, доля промышленных велика, промышленные и непромышленные объекты очень сильно различаются по запасам, ассигнования очень малы, потребность острая, оценка деятельности проводится только за короткий период.	Может быть оптимально приспособлена к любым внешним и внутренним условиям.
16.	Взаимодействие стадии и подстадии.	Региональные исследования и поиски независимы, поиски всегда предшествуют разведке, в случае отрицательного результата исключают или не исключают ее. Предварительная разведка всегда предшествует детальной, отрицательной, отрицательный (и неясный) результат в предварительной разведке исключает детальную.	Предварительные подстадии всегда предшествуют последующим и исключают их в случае отрицательного результата (непромышленные и неинформационные).

I	2	3	4
I7.	Правила накопления экспериментальных данных.	В явном виде не фиксированы.	Фиксированы в явном виде.
I8.	Правила и форма представления.	В явном виде не фиксированы, нет возможности эффективной проверки.	Фиксированы явно, есть возможность эффективной проверки
I9	Методолого-теоретическое и алгоритмическое обеспечение. (1) парадигма (2) язык	(1) нет явной формулировки описательно генетическая, нет представления о допустимых схемах (2) совокупность естествен-	(1) есть явная формулировка, есть представления о допустимых схемах (2) элементарный, формальный

## Продолжение

I	2	3	4
	<p>(3) Правила выделения, описания, классифицирования, сравнения, разделения, упорядочения, оценивания (допустимые подходы).</p> <p>(4) алгоритмы выделения, классифицирования, сравнения, разделения, упорядочения, оценивания.</p>	<p>ных диалектов (3) нет</p> <p>(4) простейшие, одномерные, связаны с введением квазиэффективных параметров.</p>	<p>неполный, (3) есть, частные варианты</p> <p>(4) многомерные, любой сложности, отвечающие гипотезе компактности и законности</p>
20.	Возможности экспериментального обоснования.	Не ясны	Ясны.
21.	Используемые неформальные конструкции.	Много (выделение, описание и сравнение объектов поисков, число стадий, подстадий, затраты на них, выбор масштабов и свойств для косвенных измерений и др.).	Мало.

попытка дать формальный анализ всего геологоразведочного процесса (по нашему мнению, пока еще в очень узком плане). Это отметил и один из крупнейших геологов-практиков П.Л.Каллистов. Всякий, кто хочет действительно усовершенствовать поиски и разведку полезных ископаемых не может не приветствовать работы такого плана.

8. В заключение приведем две таблицы 2 и 3 дополнительного сопоставления схем поисков и разведки полезных ископаемых, старой [24] и новой [15]. Эти таблицы, как представляется, не нуждаются в пояснениях.

### Л и т е р а т у р а

1. АРИСТОВ В.В. Поиски твердых полезных ископаемых. М., "Недра", 1975.
2. ВЕНЦЕЛЬ Е.С. Исследование операций. М., "Знание", 1976.
3. ВИТЕЕВ Е.А., ГАВРИЛЕНКО Б.П., ЗАГОРУЙКО Н.Г., САМОХВАЛОВ К.Ф. Требования к алгоритмам предсказания. Вычислительные системы. СО АН СССР. ИМ. Новосибирск, Вып. 50, 1972.
4. ВОРОНИН Ю.А., АЛАБИН Б.К., ГОЛЬДИН С.В. и др. Геология и математика. Новосибирск, "Наука", 1967.
5. ВОРОНИН Ю.А. Теоретические основы описания и классифицирования геологических тел. Диссертация, 1969. Фонды СО АН СССР.
6. ВОРОНИН Ю.А., ИОНИНА Н.А., КАТАЕВА Г.Н. и др. Геология и математика. Новосибирск, "Наука", 1970.
7. ВОРОНИН Ю.А., ЖИГАРЛОВСКИЙ И.М., КУСОВ А.Р. и др. Теоретические вопросы, связанные с применением математических методов и ЭВМ при поиске полезных ископаемых. -Сб.: "Применение математических методов и ЭВМ при поиске полезных ископаемых". Тр. ВЦ СО АН СССР. Новосибирск, 1972.

8. ВОРОНИН Ю.А. К проблеме создания АС для решения задач поисков полезных ископаемых. - Сб.: "Применение математических методов и ЭВМ при поиске полезных ископаемых". Тр. ВЦ СО АН СССР. Новосибирск, 1973.
9. ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВ Э.А. Методологические вопросы применения математических методов в геологии. Новосибирск, "Наука", 1974.
10. ВОРОНИН Ю.А. Программа и методические разработки к курсу "Теория поиска полезных ископаемых", Ротапринт КОМЭ МГ Каз. ССР, Алма-Ата, 1975.
11. ВОРОНИН Ю.А., КУРБАНАЕВ М.С. Основные методологические и теоретические вопросы построения АСУ-геология.- Сб.: "Вопросы разработки информационного и технического обеспечения АСУ-геология". МинГео СССР, УГТУ, Свердловск, 1975.
12. ВОРОНИН Ю.А. Геолого-экономические вопросы теории поисков полезных ископаемых.- Сб.: "Применение математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач". Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
13. ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВ Э.А., УСМАНОВ Ф.А. О типизации геологических задач в связи с применением математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
14. ВОРОНИН Ю.А., МУКИМОВ Р.А. Общие вопросы применения математических методов и ЭВМ при подсчете запасов полезных ископаемых.- Сб.: "Применение математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач". Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
15. ВОРОНИН Ю.А. Совершенствование методологических, теоретических и организационных основ поисков и разведки полезных ископаемых в связи с применением математических методов и ЭВМ. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.

16. ГАТОВ Т.А. Экономическая оценка месторождений цветных металлов. М., "Недра", 1975.
17. КРЕМЕЕВ А.Н., СЕМЕНОВ В.Ф., ВЛАСОВ Е.Н. и др. Системный подход к управлению поисково-разведочными работами. Тр. ВИМС МинГео СССР, 1975, вып. I.
18. КАГАНОВИЧ С.Я. Экономика минерального сырья. М., "Недра", 1975.
19. КАЦ А.Я., ХРУЩЕВ Н.А. Экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Общие принципы, методы и критерии. МинГео СССР. серия I, М., 1975.
20. КРЕЙТЕР В.М. Поиски и разведка полезных ископаемых. М., Госполитиздат, 1940.
21. КУН Т. Структура научных революций. М., "Прогресс", 1975.
22. МАМЧУР Е.А. Проблема выбора теории. М., "Наука", 1975.
23. МАРАСУЛОВ А.Ф. Выбор материала обучения и совокупности свойств для оптимизации решения задач распознавания. Диссертация. Фонды ВЦ СО АН СССР, 1975.
24. Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям. ВИЭМС., М., 1976.
25. Применение математических методов и ЭВМ при поисках полезных ископаемых. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1971, 1972, 1973, 1974 и 1975.
26. ПРОКОФЬЕВ А.П. Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М., "Недра", 1973.
27. РУНДКВИСТ А.В., ИЛЫН К.Б., МАРКОВ К.А. О категориях прогнозирования запасов твердых полезных ископаемых. Разведка и охрана недр", № I, 1976.
28. САМОХВАЛОВ К.Ф. О теории эмпирических предсказаний. Тр. ИМ СО АН СССР. Вычислительные системы, Новосибирск, вып. 55, 1973.

29. СОКОЛОВСКИЙ Ю.А. Экономические проблемы геологоразведочных работ. Новосибирск, "Наука", 1974.
30. ЧЕРЕМИСИНА Е.Н. Применение математических методов и ЭВМ для решения задач направления опробования при поисках полезных ископаемых. Диссертация. Фонды ВЦ СО АН СССР, 1973.
31. ШПИЛЬМАН В.И. Обзор методик подсчета прогнозных запасов. - Сб.: "Методика оценки прогнозных и перспективных запасов и обоснование подсчетных параметров". Тр. Зап. Сиб. НИГНИ, Тюмень, вып. 53, 1972.

Ю. А. Воронин

## О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

I. Работы по применению математических методов и ЭВМ при подсчете запасов, которые проводились нами с 1964 года, показали, что не имеется возможности поставить задачу подсчета запасов в отрыве от постановки задачи оценки месторождений. Оказалось, что первоначально необходимо хотя бы грубо поставить вторую задачу и только после этого можно переходить к постановке первой задачи. При этом особенности постановки первой должны, в значительной мере, определяться особенностями постановки второй [45].

По нашему мнению в исследованиях по применению математических методов и ЭВМ при подсчете запасов, в частности нами, допущена методологическая ошибка: подзадача (подсчет запасов) некоторой задачи (оценка месторождений) рассматривалась как самостоятельная задача.

Позднее в ряде работ, связанных с теорией поисков полезных ископаемых, например, в [4,8], было показано, что поиски и разведка полезных ископаемых в формальном плане сводятся к постановке и решению четырех типов подзадач: выделения, разделения, упорядочения и оценивания месторождений, участков, районов, провинций и областей. Оказалось, что эти подзадачи находятся между собой в такой взаимосвязи, что грубую их постановку следует получать, двигаясь сверху слева направо (от выделения областей), а для детальной же их постановки необходимо двигаться в обратном направлении (от оценивания месторождений). Выяснилось, что эти подзадачи нельзя рассматривать изолированно, как это пытались делать мы. В результате задача оценивания месторождений, которой до сих пор не уделялось должного внимания, неожиданно для нас оказалась первоочередной и самой важной для применения математических методов ЭВМ при поисках и разведке полезных ископаемых.

Видимо, следует считать, что пока состояние теории поисков полезных ископаемых с формальных позиций определяется прежде всего именно разработанностью вопросов оценивания месторождений.

Уже отмечалось, например, в [12,16,17,19], что сейчас известно много методик оценки месторождений, имеются их конкретные реализации, например, в [2,15]. Однако, как это подчеркивается, в частности, в [12,16,19,8] до сих пор отсутствуют четкие представления о существовании и возможностях оценки месторождений, нет четких представлений о постановке задачи на ее получение. Современное состояние и направление развития оценки месторождений трактуется по-разному и с различной долей оптимизма [12,13,16-19,24,8].

Есть веские основания полагать (это видно и из дальнейшего), что пока исключается возможность использования существующих разработок по оценке месторождений, изложенных, например, в [12,16,17], в теории поисков полезных ископаемых, а направление их развития, о котором можно судить, например, по [13,24], не позволяет надеяться на их использование и в будущем. В связи со сказанным нами работы по теории поисков полезных ископаемых были последнее время сосредоточены, с одной стороны, на разработке общих представлений

о задачах и подзадачах, с другой стороны, — на разработке подходов к постановке задачи оценки месторождений. С основными результатами этих разработок можно познакомиться, например, по [4,7,8,22] .

Основная цель данной работы заключается в некотором развитии упомянутых результатов.

2. В [4,7] было введено, помимо прочего, представление о задачной ситуации. Считалось, что она имеет место, если в некотором языке фиксированы: множество объектов исследования, цель исследования ( что надо сделать), входные данные, теоретические предположения, ограничения на способы достижения цели, выходные данные, критерий оценки качества достижения цели, обсуждение существования единственности искомого достижения цели.

Там же отмечалось, что можно говорить о специальных ситуациях, связанных со специальными множествами объектов исследования и языками, в частности, о геологических ситуациях. У каждой задачной ситуации имеются входные и выходные данные. В [ 7 ], в не очень ясной форме предлагалось считать, что только в тех случаях, когда входные данные являются первичными (представляют собой результаты измерений), а выходные данные являются конечными (используются для принятия решений в практической деятельности), следует говорить о задачах. Во всех же иных случаях следует говорить о подзадачах.

Когда выходные данные являются конечными, а входные данные не являются первичными, подзадача, отвечающая данной задачной ситуации, может рассматриваться как задача, отвечающая некоторой другой задачной ситуации (например, определение технологии бурения).

Видно, что с указанных позиций подсчет запасов является подзадачей, а оценка месторождений является включающей ее задачей.

Можно надеяться, что упомянутые представления о задачах и подзадачах позволят разработать подходящие правила их постановки и дадут возможность избежать тех ошибок, которые порождаются подменой подзадач задачами ( как это имеет место , в частности, в подсчете запасов и определении технологии бу-

рения).

Напомним, что уже давно обращалось внимание на то, что сейчас, в силу специфики поисков и разведки, имеется острейшая необходимость в четких формулировках:

Что такое геологическая задача? Какие типы геологических задач следует выделять, имея в виду их математическую постановку? Что следует понимать под постановкой и решением геологической задачи? Что следует понимать под математической постановкой геологической задачи? Как следует упорядочивать геологические задачи по актуальности, важности, трудности и т.п.? Как увязываются между собой геологические задачи и геологические задания, о которых сейчас говорится почти во всех руководящих документах?

По-видимому, ответы на эти вопросы, которые даны [4,7,8], могут служить основой для разработки упомянутых формулировок. Этой разработке давно пора уделить должное внимание. Легко видеть, что без нее не имеют смысла, в частности, различные методические руководства и рекомендации, аналогичные, например, [21], на которые тратится так много усилий.

Впредь условимся считать зафиксированными, в соответствии, положим, с [20,4,8], не только представление о задачах и подзадачах, а так же и представления о научной деятельности, ее объектах и средствах, ее языке и требованиях к нему, эмпирических и теоретических методах исследования, их взаимоотношениях, о моделях и теориях, принципах и парадигма. Все эти представления назовем общей методологической базой оценки месторождений.

3. Условимся здесь использовать, на основе разработок [4, 8 и др.] без каких-либо уточнений и пояснений, представления:

о геологических телах (элементарных, в частности, пробах; простых, в частности, телах полезных ископаемых; сложных, в частности, месторождениях, участках, районах, провинциях, областях);

о способах измерения свойств геологических тел (прямых, косвенных I-го рода (через другие свойства, определенные на теле), косвенных 2-го рода (через те же свойства, определенные на частях тела, в грубой сети и т.д.);

о способах эмпирического задания геологических тел (графи-

ческим, матричном, параметрическом и т.д.);

о способах, выделения геологических тел (прямых, косвенных I-ого рода (через прямые свойства в редкой сети), косвенных 2-го рода (через косвенные свойства в достаточной сети) и т.п.);

о способах описания геологических тел (универсальные, общие и частные схемы, объективность и полнота описания, его информативность и т.п.);

о способах описания взаимоотношений между геологическими телами (бинарных и  $n$ -арных, в евклидовом пространстве, во времени (физическом и геологическом), в геологическом пространстве и т.д.);

об операциях над геологическими телами (классифицирование, сравнение, упорядочение, оценивание и т.д.);

о формальных задачах выделения, разделения, упорядочения, оценивания, конструирования и т.д.

Все эти представления назовем общей теоретической базой оценки месторождений.

4. По-видимому, сейчас ситуация такова, что обсуждение оценки месторождений без явной фиксации упомянутых общих баз не имеет ясного смысла. Вопрос может заключаться только в том, как именно и как детально следует проводить такую фиксацию, в какой мере привычные сейчас, неявно фиксированные методологические и теоретические базы могут быть при этом использованы.

5. В [4,8] дано краткое описание существующих сейчас методик получения оценки месторождений (эту оценку чаще всего называют геолого-экономической [12,16-19]). Там показано, что эти методики, различные даже для одного и того же вида месторождений, опираются на специальную методолого-теоретическую базу, которая содержит в себе, в частности, следующие представления:

$\alpha$  -тела ископаемых;

$a$  -месторождения;

$b$  -районы расположения месторождений;

$\vec{x}_1(i, a)$  -горно-технические параметры  $a$ , изученные с  $i$ -ой детальностью (например, породы, слагающие  $\alpha$ , расположение  $\alpha$  в  $a$  и т.д.);

$x_2(i)$  -горно-экономические параметры  $a$ , изученные с  $i$ -ой детальностью (например, размеры  $a$ , содержание полезных компо-

нент в  $a$ , технологические свойства  $\alpha$  и т.д.);

$\vec{y}_1(i, a: b)$  —экономико-географические параметры  $b$ , изученные с  $i$ -ой детальностью (энергетические и водные ресурсы, климат и рельеф местности в  $b$  и т.д.);

$\vec{y}_2(i, a: b)$  —социально-экономические параметры  $b$ , изученные с  $i$ -ой детальностью (например, освоенность  $b$ , цены на материалы и услуги, потребность и цены на полезные ископаемые в  $b$  и т.д.);

$\vec{Z}(b: a)$  —технологическая схема эксплуатации  $a$  (например, способ извлечения полезных ископаемых из  $\alpha$ , способ обогащения и т.д.);

$\vec{W}(b: a)$  —производственная схема эксплуатации  $a$  (например, масштаб предприятия, его техническая вооруженность, темпы работы и т.д.);

$\vec{u}(b: a)$  —полные результаты эксплуатации  $a$  (например, количество добытого полезного ископаемого условного качества, затраты средств и времени на строительство и эксплуатацию предприятия, на обеспечивающий комплекс, потери полезного ископаемого и т.д.);

$k_a(\vec{u})$  —критерий оптимальности эксплуатации  $a$  (например, себестоимость добычи полезных ископаемых);

$h_{ab}(\vec{u})$  —критерий социально-экономической значимости (например, влияние  $a$  на прибыль от  $b$  при условии, что в эксплуатацию вводилось и  $a'$ ).

Известно, что до сих пор все эти представления не имеют удовлетворительных формулировок (смотри, положим, представления о месторождении, приводимые в [2, 19]), они у разных авторов имеют разный смысл, в частности, потому, что опираются на разные общие базы.

6. Отметим, что каких-либо особых отличий в понимании специальной базы, по сравнению, положим, с [2-19], здесь не предполагается. Однако нами приняты следующие допущения.

Сейчас  $a$  проходят различные стадии изучения. В процессе изучения меняются и контуры  $a$ , и их описание. То обстоятельство, что при этом варьируются сразу два фактора, крайне осложняет оценку  $a$  [8]. В связи с этим здесь предполагается, что контуры  $a$  во всем процессе действия с ним не меняются, меняется лишь его описание. Это допущение, как видно из дальней-

шего, не приводит к потере общности в анализе оценки  $a_{\text{В}}$  [4, 8] показано, что задача оптимального оконтуривания месторождений должна ставиться иначе, чем это принято сейчас, не для каждого конкретного месторождения, а для целого класса месторождений).

Сейчас вопросы планирования потребностей и цен на различные полезные ископаемые различного качества не имеют сколько-нибудь обоснованного решения [I2-I9]. Видимо их решение, если и возможно, то только в том случае, когда в рассмотрение будет включена значительно более широкая сфера деятельности. Здесь предполагается, что потребности и цены на различные полезные ископаемые различного качества и их изменение во времени известны. Это упрощающее допущение тоже не приводит к потере общности в анализе оценки  $a$ .

Кроме сказанного, здесь считается, что критерий  $k_a(\vec{u})$  и  $h_{ab}(\vec{u})$ , первый из которых предназначен для вычисления локального эффекта от эксплуатации  $a$  (для выбора оптимальных схем действий с  $a$ ), а второй предназначен для вычисления глобального эффекта от эксплуатации  $a$  (для установления очередности введения в эксплуатацию), являются различными, инвариантны относительно разных преобразований. Считается, что  $k_a(\vec{u})$  согласован с  $h_{ab}(\vec{u})$ : при прочих равных условиях, с ростом первого второй не может убывать.

Наконец, мы предполагаем, что специальная база оценки месторождений удовлетворительна. Это допущение вытекает из [4, 8], где показано, что не имеет смысла анализировать и исправлять эту базу без предварительного анализа и исправления самой формальной основы методик оценки месторождения.

7. Как отмечалось, например, в [4, 8, II], формальная основа любой известной сейчас методики оценки месторождения одинакова и сводится к следующему. Оценку получают до введения месторождения в эксплуатацию, после его изучения с  $i$ -ой детальностью. При этом последовательно действуют так:

Во-первых, замеряют (в некотором условном смысле в некотором масштабе (зависящем, в частности, от детальности изучения) горно-технические и горно-экономические параметры  $\vec{x}_1(i, a)$  и  $\vec{x}_2(i, a)$ .

Во-вторых, замеряют (в некотором условном смысле) в некото-

ром масштабе (зависящем, в частности, от детальности изучения) экономико-географические параметры  $\vec{y}_1(i, a; b)$ .

В-третьих, задаются (на основе некоторых неформальных соображений) социально-экономическими параметрами  $\vec{y}_2(i, a; b)$ .

В-четвертых, задаются (на основе некоторых неявных соображений) описанием полных результатов эксплуатации  $\vec{u}(b; a)$ .

В-пятых, задаются (на основе некоторых неформальных соображений) перечнями различных разумных технологических и производственных схем  $\{\vec{z}(b; a)\}$  и  $\{\vec{w}(b; a)\}$ .

В-шестых, задаются (на основе некоторых неформальных соображений) некоторым критерием оптимальности эксплуатации  $k_a(\vec{u})$ .

В-седьмых, для всех различных разумных  $\vec{z}(b; a)$  и  $\vec{w}(b; a)$  проводят с помощью некоторой процедуры (не имеющей формального обоснования) расчет  $u(b; a)$  и выбирают такие  $\vec{z}_\Phi(b; a)$  и  $\vec{w}_\Phi(b; a)$ , которым отвечают  $\vec{u}(b; a)$ , обращающие в максимум  $k_a(\vec{u})$ .

В-восьмых, задаются (на основе некоторых неформальных соображений) некоторым критерием социально-экономической значимости  $h_{ab}(\vec{u})$ .

В-девятых, для выбранных разумных схем  $\vec{z}_\Phi(b; a)$  и  $\vec{w}_\Phi(b; a)$  и рассчитанных результатов  $\vec{u}(b; a)$  находят значение  $h_{ab}(\vec{u})$ . Когда говорится, что измерения проводятся в некотором условном смысле, то, прежде всего, имеется в виду, что они опираются на различного рода системы понятий и классификации, не имеющие формальных обоснований, и на визуальный анализ данных. Когда же отмечается, что задание проводится на основе неформальных соображений, то, прежде всего, имеется в виду, что оно проводится без формального описания и анализа задаваемых конструкций. Важно отметить, что, по-видимому, сейчас все многообразие различных методик получения  $a$ , а также расхождения в оценке конкретных  $a$ , порождается не только и не столько различием в специальной базе, сколько различием личных интересов, различием в конкретных способах проведения отдельных действий по получению оценки  $a$ , по работе с исходным материалом [15].

С учетом соображений, приведенных в [8], следует считать доказанным, что в настоящее время оценка  $a$  (так же как и оценка его запасов) является экспертной формульной оценкой, формальная основа которой не позволяет надеяться избавиться от субъективизма. Особенно отчетливо это обстоятельство видно, когда

речь идет о расчете результатов  $\vec{u}(b:a)$  при фиксированных  $\vec{Z}(b:a)$  и  $\vec{W}(b:a)$  [15,8]. Сказанное и заставляет ставить вопрос о существенной перестройке формальной основы оценки  $a$ .

8. С целью выработки новой формальной основы введем представления о прямых и косвенных оценках месторождений и их взаимоотношении.

Эти представления составляют, по нашему мнению, самую суть оценки. В них следует разобраться особо тщательно. В настоящее время в явном виде они, по-видимому, еще не обсуждались, если не считать замечаний в [9, II].

Везде далее будем иметь в виду, например, критерий  $k_a(\vec{u})$ .

9. Рассмотрим некоторое  $a$ . Положим, что оно уже прошло на основе  $\vec{Z}_\Phi(b:a)$  и  $\vec{W}_\Phi(b:a)$  правильную в смысле [8] эксплуатацию. Это означает, что в результате мы получаем не только некоторые вещественные результаты, фиксируемые эмпирическими значениями полных результатов эксплуатации  $\vec{u}(b:a)$ , но и получаем некоторые информационные результаты, фиксируемые моделью  $M(a)$ , которая отвечает некоторым требованиям. Эта  $M(a)$ , в частности, должна позволять:

Во-первых, фиксировать с предельной детальностью параметры  $\vec{x}_1(0,a)$ ,  $\vec{x}_2(0,a)$ ,  $\vec{y}_1(0,a;b)$  и  $\vec{y}_2(0,a;b)$ , а также фиксировать эти параметры с любой  $i$ -ой детальностью:  $\vec{x}_1(i,a)$ ,  $\vec{x}_2(i,a)$ ,  $\vec{y}_1(i,a;b)$  и  $\vec{y}_2(i,a;b)$ .

Во-вторых, вычислять для любых  $\vec{Z}(b:a)$  и  $\vec{W}(b:a)$  результаты  $\vec{u}(b:a)$ .

В-третьих, минуя полный перебор, для любого  $k_a(\vec{u})$  определять оптимальные  $\vec{Z}_0(b:a)$  и  $\vec{W}_0(b:a)$ .

В-четвертых, вычислять  $\vec{u}(b:a)$  для любых  $\vec{y}_1(i,a;b)$  и  $\vec{y}_2(i,a;b)$ .

В результате правильной эксплуатации  $a$  получаем два значения полных результатов эксплуатации  $\vec{u}_\Phi(b:a)$  и  $\vec{u}_0(b:a)$ , первое из них отвечает фактически реализованным схемам  $\vec{Z}_\Phi(b:a)$  и  $\vec{W}_\Phi(b:a)$ , выбранным до эксплуатации, а второе отвечает оптимальным схемам  $\vec{Z}_0(b:a)$  и  $\vec{W}_0(b:a)$ , которые следовало бы выбрать на основе модели  $M(a)$ , полученной после эксплуатации. Имея  $\vec{u}_\Phi(b:a)$  и  $\vec{u}_0(b:a)$ , которые могут и не совпадать, можно вычислить два значения критерия  $k_a(\vec{u})$ :  $k_a^\Phi$  и  $k_a^0$ .

Значение  $k_a^\Phi$  назовем прямой фактической оценкой месторож-

дения  $a$ , а значение  $k_a^0$  назовем прямой вычисленной оценкой месторождения  $a$  по критерию  $k_a(\vec{u})$ .

Функцию  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$  (где под  $\vec{u}_1^*$  понимаются  $\vec{x}_1(1, a)$ ,  $\vec{x}_2(1, a)$ ,  $\vec{y}_1(1, a; b)$  и  $\vec{y}_2(1, a; b)$ ) которая может быть построена на основе данных правильной эксплуатации  $a$ , при условии, что она определенным образом согласована с критерием  $k_a(\vec{u})$ , назовем косвенной оценкой месторождения  $a$  по критерию  $k_a(\vec{u})$   $i$ -ой детальности. (Для тех  $a \in A_3$ , которые были уже правильно проэксплуатированы, можно получить значения  $k_a^0$  и  $\sigma_a$  и говорить о связи между ними, говорить о согласовании  $k_a(\vec{u})$  и  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$ ).

Оценку  $\sigma(\vec{u}_1^*)$  назовем сильно согласованной, если существует функция  $k_a = p\sigma_a + q$ , и слабо согласованной, если порядки в  $A_3$ , которые порождаются  $k_a(\vec{u})$  и  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$  в какой-либо степени согласуются. В зависимости от степени согласования порядков (она может определяться, например, подсчетом парных сравнений [3]) будем различать эффективные, почти эффективные, квазиэффективные слабые косвенные оценки месторождения  $a$  по критерию  $k_a(\vec{u})$ .

Подчеркнем, что понятие правильной эксплуатации месторождения, модели месторождения, прямых и косвенных оценок месторождения составляет, по нашему мнению, основу построения оценки месторождения.

Хотелось бы особо подчеркнуть следующее.

Прямые оценки месторождений могут быть получены лишь после их правильной эксплуатации, это оценки "задним числом", причем на любые условия и периоды их эксплуатации. Они задают максимально возможные качество и подробность оценки месторождений, стоимость их получения существенной роли не играют.

Косвенные оценки могут быть получены и тогда, когда месторождения не прошли еще правильной эксплуатации, когда они изучены с  $i$ -ой детальностью, это оценки "передним числом" на конкретные условия и период. Они не могут быть столь качественными и подробными как прямые, стоимость их получения играет существенную роль.

Не может быть косвенной оценки месторождения, если нет отвечающей ей прямой. Не может быть косвенной оценки, отвечающей меньшей детальности изучения, если нет косвенной оценки, отвечающей большей детальности изучения месторождения.

10. Любопытно выяснить: какими же оценками являются, например, критерий, предложенный Х. Хоскольдом в 1887 году [12] и критерий, предложенный А.М. Марголиным в 1975 году [16, 19] ?

Поскольку они построены для оценки месторождений до их ввода в эксплуатацию, их следует считать косвенными. При этом не ясно, каким прямым оценкам они отвечают. Тем более нельзя сказать, как они с ними согласуются. По-видимому, судя по их конструкции (они, так или иначе, представляют собой дисконтированную сумму годовых рент за весь период эксплуатации месторождения [12, 13, 19]) они сами для себя являются прямыми. Такие оценки условимся называть неясными косвенными оценками. Эти прямо-косвенные оценки, сильно согласованные, таковы, что о их построении нельзя ничего сказать, а о математической постановке задачи их получения, по-видимому, не может быть и речи [8].

II. Используя сформулированные представления о прямых и косвенных оценках  $a$  можно высказать суждения об общем подходе к построению косвенной оценки  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$ . Эта оценка должна строиться в два этапа.

На первом этапе задается прямая оценка  $k_a(\vec{u})$ . Это задание можно мыслить как перечисление всех разумных  $k_a(\vec{u})$ , их исследование, выбор из этого перечня и опробование некоторых оптимальных  $k_a(\vec{u})$ , а так же построение модели  $M(a)$ , дающей возможность получать значения  $\vec{u}(b:a)$  для различных схем, условий и периодов эксплуатации  $a$ .

На втором этапе строится сама косвенная оценка  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$ , согласующаяся в выбранном смысле с уже заданным критерием  $k_a(\vec{u})$ .

Следует заметить, что первый этап, вероятно, должен носить в значительной мере эвристический характер. Что же касается второго этапа, то он, по-видимому, может быть почти полностью алгоритмизуем. Видимо, только на этом этапе можно говорить о математической постановке и решении задачи оценки  $a$ . Далее мы остановимся более подробно на реализации этого этапа.

Из сказанного видно, что способы получения  $k_a(\vec{u})$  и  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$  существенно различны, различны их свойства и их роль.

12. Обратимся к заданию прямой оценки  $k_a(\vec{u})$ . Ясно, что интерес представляют не все возможные  $k_a(\vec{u})$ , которые в принципе можно построить, а лишь "разумные", как говорят, отвечающие моральным основам горного дела и серьезному подходу к эксплуатации природных ресурсов [1, 18, 17]. Без уточнения свойств разумных  $k_a(\vec{u})$  обойтись, конечно, нельзя. Ясно, что такое уточнение составляет весьма существенную трудность.

Критерий  $k_a$  является функцией от параметра  $\vec{u}$ , который описывает полные результаты эксплуатации  $a$ . Ясно, что объективность фиксации результатов эксплуатации может быть различной, различной может быть и полнота описания этих результатов. Следует считать, что разумный  $k_a(\vec{u})$  должен опираться на описание результатов эксплуатации  $a$ , которое является объективным и обладает полнотой, которая не менее заданной. Если считать за фиксированным понятие потери запасов, положим, так, как это сделано в [4, 8, 10], где потери определяются как разность между максимально возможным извлекаемым запасом (запасом, который можно извлечь, если не считаться с затратами) и фактически извлекаемым запасом с учетом настоящей и будущей себестоимости их извлечения, а также цен, и если не считаться с особенностями существующей службы слежения за эксплуатацией  $a$ , то надо требовать, чтобы разумные критерии  $k_a(\vec{u})$  зависели, по крайней мере, от:

- $u_1$  и  $u_2$  — времени начала и конца работ, связанных с эксплуатацией;
- $u_3^1(t)$  — функций извлекаемых запасов по их видам и качеству;
- $u_4^m(t)$  — функций затрат на извлечение по их видам;
- $u_5^l(t)$  — функций потерь запасов по их видам и качеству.

Ясно, что необходимо потребовать, чтобы разумные  $k_a(\vec{u})$  выражались через  $\vec{u}$  правильными формулами: критерий  $k_a$  должен измеряться в шкалах, которые не сильнее тех шкал, в которых измеряются отдельные компоненты  $\vec{u}$  и множители, входящие в  $k_a$ .

В [8] показано, что в данном случае следует говорить об экспертных шкалах, шкалах наименования, порядка, интервалов, отношений, смещений и абсолютной шкале. (Можно видеть, что норма дисконтирования, степень риска и другие подобные показатели измеряются в экспертной шкале).

Необходимо так же потребовать, чтобы разумные  $k_a(\vec{u})$  были гибкими, зависели от множителей, позволяющих в различных случаях взвешивать по возможности отдельные компоненты  $\vec{u}$  (например, затраты и потери).

Следует еще потребовать, чтобы разумный  $k_a(\vec{u})$  был просто интерпретируемым: он должен удовлетворять явно сформулированным аксиомам, фиксирующим его непрерывность, промежуток его

изменения, условия достижения им экстремальных значений, характер зависимости от отдельных компонент  $\vec{u}$  (смотри по этому поводу [II]).

Видимо следует так же потребовать, чтобы разумный  $k_a(\vec{u})$  был простым, мог быть выражен, например, как квадратичная форма от функций отдельных компонент  $\vec{u}$ , нормированных по единичному промежутку изменения [8,10] (смотри далее п.14).

Уже отмечалось, что любой  $k_a(\vec{u})$  должен быть согласован с  $h_{ab}(\vec{u})$ . В связи с этим можно считать, что разумный  $k_a(\vec{u})$  должен задаваться только после задания  $h_{ab}(\vec{u})$ .

Разумеется, сформулированные выше представления о разумной оценке месторождений отнюдь не бесспорны, не полны и еще недостаточно четки. Сейчас главное хотя бы осознать необходимость и важность их получения.

13. Обратимся, например, к уже упомянутым критериям оценки месторождений Х.Хосколда и А.М.Марголина, рассматривая их как прямые оценки. Они, как можно видеть, не удовлетворяют тем требованиям, которые были приведены выше.

14. Перейдем теперь к построению косвенных оценок  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$ . Если критерий  $k_a(\vec{u})$  задан, то косвенную оценку  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$  следует получать только как функцию от параметров  $\vec{x}_1(i,a)$ ,  $\vec{x}_2(i,a)$ ,  $\vec{y}_1(i,a:b)$  и  $\vec{y}_2(i,a:b)$ , которыми описываются а и б с  $i$ -ой детальностью. При этом, с самого начала, надо рассматривать случай  $i=0$ , отвечающий предельной детальности изучения а и б. Следует считать, что разумный критерий  $k_a(\vec{u})$  задается в сильной, например, абсолютной шкале. Первоначально следует решить вопрос, какую косвенную оценку разумно строить: сильную или слабую? Этот выбор в значительной мере зависит от того, как получатся значения параметров  $\vec{x}_1(i,a)$ ,  $\vec{x}_2(i,a)$ ,  $\vec{y}_1(i,a:b)$  и  $\vec{y}_2(i,a:b)$  (а так же от того, как много а уже прошли правильную эксплуатацию). Можно убедиться, например, по [12,15,17], что сейчас даже при  $i=0$  многие из компонент этих параметров, если и измерятся, то только в слабых шкалах наименования и порядка. (Сейчас практические способы описания месторождений а и районов их расположения б, по-видимому, столь же строги и многословны, как описания преступников лет семьдесят назад [23, 4]). В связи с этим, так как нам необходимо получить  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$  в виде правильной формулы, ей должна отвечать шкала порядка.

Таким образом сейчас даже для  $i=0$  можно строить лишь слабую косвенную оценку  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$ . (По-видимому, первые и многие неприятности в оценке месторождений возникали из-за того, что сразу же стремились для многих  $i$  получить сильные косвенные оценки).

При построении  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$  как функции от параметров  $\vec{x}_1(i, a)$ ,  $\vec{x}_2(i, a)$ ,  $\vec{y}_1(i, a:b)$  и  $\vec{y}_2(i, a:b)$  можно, вообще говоря, двигаться двумя путями:

Во-первых, исходить непосредственно из явного вида  $k_a(\vec{u})$  и строить многие отдельные компоненты  $u_1^*$  как функции от упомянутых параметров, а затем представлять эти функции в  $k_a(u)$ .

Во-вторых, исходить непосредственно из множества значений  $k_a^0$  и строить одну функцию от упомянутых параметров.

Первый путь, который сейчас общепринят, связан по существу с предвычислением всех отдельных результатов эксплуатации месторождения, а второй путь связан с предвычислением некоторой комбинации от них. Если критерий  $k(\vec{u})$  задан разумно, о какой бы косвенной оценке ни шла речь, второй путь должен быть почти всегда более выгодным. Если же речь идет о слабой косвенной оценке, то второй путь является, по-видимому, всегда более выгодным. Этим путем и будем двигаться.

15. Положим, что нас интересует слабая косвенная оценка  $a'$ , изученного с  $i$ -ой детальностью, ему отвечают параметры  $\vec{x}_1(i, a')$ ,  $\vec{x}_2(i, a')$ ,  $\vec{y}_1(i, a':b)$  и  $\vec{y}_2(i, a':b)$ , для него заданы исходные перечни возможных схем эксплуатации  $\{\vec{Z}\}'$  и  $\{\vec{W}\}'$ , задан критерий  $k_a(\vec{u})$ . Будем считать, что нами уже проведена правильная эксплуатация  $A_a = (a_1, a_2, \dots, a_1)$ . С учетом сделанных ранее предположений о результатах такой эксплуатации, можно считать, что имеется таблица (I):

$$\left\{ \begin{array}{l} a_j: \vec{x}_1(i, a_j); \vec{x}_2(i, a_j) \| y_1(i, a_j:b); y_2(i, a_j:b) \\ \{\vec{Z}\}'_j; \{\vec{W}\}'_j; k_{a_j} \| \vec{Z}'_j(b:a_j); \vec{W}'_j(b:a_j) \| \vec{u}'_j(b:a_j) \end{array} \right\}. \quad (1)$$

$j = 1, 2, \dots, 1$

Эту таблицу назовем исходной эмпирической базой для получения  $\sigma_a(\vec{u}_1^*)$ , в ней указано для всех  $a_j$ , каковы значения параметров, какие перечни разумных схем эксплуатации имелись ввиду, какой критерий использовался для выбора схем эксплуатации, какие именно схемы были выбраны, какие при этом были получены

результаты. Получение таблицы (1) связано с процедурами округления описания всех  $a_j$ , заданием перечней схем их эксплуатации и выбором для них схем. Будем считать эти процедуры зафиксированными в приложении к (1)

На основе таблицы (1) можно получить таблицу (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} a_j: \vec{Z}_0(b:a_j); \vec{W}_0(b:a_j) \| \vec{u}_0(b:a_j) \\ k_{a_j}^\Phi; k_{a_j}^O \| \lambda(k_{a_j}^\Phi; k_{a_j}^O) \\ j = 1, 2, \dots, l \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Эту таблицу назовем контрольной базой для получения  $\sigma_{a_j}(u_1^*)$ . В ней указано, какие оптимальные схемы эксплуатации следовало бы выбрать, если бы заранее в нашем распоряжении была для всех  $j$  модель  $M_j$ , какие результаты и значения критерия отвечают оптимальным схемам эксплуатации, а также указана мера различия фактической и оптимальной схем по фиксированному критерию. Заметим, что получение таблицы (2) связано, кроме прочего, с процедурами выбора оптимальных схем эксплуатации, расчета отвечающих им результатов и задания мер сходства между схемами эксплуатации. Будем считать и эти процедуры тоже зафиксированными в приложении к (2). Заметим, что таблица (2) дает возможность контролировать насколько хорошо проводилась правильная эксплуатация  $A_3 a_1 a_2 \dots a_l$ . Используя модели  $M(a_j)$ , можно из таблицы (1) и (2) получить таблицу (3)

$$\left\{ \begin{array}{l} a_j: \vec{x}_1(i, a_j); \vec{x}_2(i, a_j) \| \vec{y}_1(i, a': b); \vec{y}_2(i, a': b) \\ k_a^i; \{\vec{Z}\}', \{\vec{W}\}' \| \vec{Z}_0(b:a_j), \vec{W}_0(b:a_j) \| \vec{u}_0(b:a_j); k_{a_j} \\ j = 1, 2, \dots, l \end{array} \right\}. \quad (3)$$

Эту таблицу назовем расчетной базой для получения  $\sigma_{a_j}(u_1^*)$ . В ней указано, каковы значения параметров  $a_j^i$ , являющегося аналогом  $a'$  (у них совпадают параметры  $\vec{y}_1, \vec{y}_2$  и перечни  $\{Z\}$  и  $\{W\}$ ), зафиксирован критерий, отвечающий  $a'$ , указаны оптимальные схемы эксплуатации  $a_j^i$ , результаты его эксплуатации и значение критерия. Получение таблицы (3) связано, кроме прочего, с процедурами выбора оптимальных схем и вычислением результатов и значения критерия для  $a_j^i$ . Эти процедуры тоже будем считать зафиксированными в приложении к (3). (Ясно, что первоначально (3) получают для  $i = 0$ , а затем округлением получают (3) для произвольного  $i$ ). Из таблицы (3) можно получить таблицу (4)

$$\left( \begin{array}{c|cc|c} a_1 & \vec{x}_1(i, a_1), \vec{x}_2(i, a_1) & k'_{a_1} \\ a_2 & \vec{x}_1(i, a_2), \vec{x}_2(i, a_2) & k'_{a_2} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_1 & \vec{x}_1(i, a_1), \vec{x}_2(i, a_1) & k_{a_1} \\ \hline a' & \vec{x}_1(i, a'), \vec{x}_2(i, a') & - \end{array} \right) \cdot \quad (4)$$

Эту таблицу назовем базой для получения  $\sigma'_a(\vec{u}_1^*)$ .

Используя (4), можно так грубо описать задачу на получение слабой косвенной оценки месторождений  $a$  [8]:

Имеется множество месторождений  $A_u$ , каждое  $a_s \in A_u$ , описывается параметрами  $\vec{u}_1^*$ . Имеется подмножество  $A_3$ , на котором некоторым критерием  $k$  задан порядок. Требуется указать алгоритм, опирающийся на  $\vec{u}_1^*$ , который устанавливает порядок в  $A_3$ , причем порядок, который этот алгоритм устанавливает в  $A_3$  должен совпадать, в смысле некоторого критерия  $f$ , с заданным в  $A_3$  порядком.

16. На основании сказанного в п.15 можно считать, что задача получения слабой косвенной оценки месторождений сводится, в конечном счете, к сравнительно хорошо разработанной задаче упорядочения, по которой имеется обширная литература, для которой уже имеются разработки, ориентированные на особенности поисков и разведки [3, 6, 14]. Следует считать, что основные трудности построения слабой косвенной оценки месторождений заключаются сейчас в получении баз (1), (2) и (3), в построении процедур задания возможных схем эксплуатации, задания возможных критериев оценки результатов эксплуатации, в выборе оптимальных схем и в вычислении результатов эксплуатации, отвечающим этим схемам, в вычислении критериев, связанных с этими результатами, для месторождений уже прошедших правильную эксплуатацию. Как следует из п.7, и знакомства, положим, с [12, 15-19], все перечисленные процедуры сейчас, так или иначе, при принятом подходе к оценке месторождений проводятся, причем для месторождений, еще не прошедших правильную эксплуатацию. На этом основании можно утверждать, что предлагаемая выше схема оценки месторождений, которая может быть обоснована со всей необходимой строгостью, никак не сложнее чем известные методики оценки место-

рождений, а возможности ее реализации вполне реальны. Отметим, что для такой реализации необходимо :

Во-первых, создать банк данных, отвечающий таблице (I), прежде всего для  $i = 0$ . (Хорошо было бы осознать, что банк данных может быть построен лишь для фиксированного и достаточно хорошо описанного класса задач, пусть как угодно широкого. Начало банка есть именно фиксация и описание класса задач).

Во-вторых, построить нулевую модель  $M_0(a_j)$  : последовательности алгоритмов, позволяющих при фиксированных  $\vec{x}_1(o, a_j)$ ,  $\vec{x}_2(o, a_j)$ , любых фиксированных  $\{Z\}$ ,  $\{W\}$  и  $k_a$ , определять для любых  $y_1(o, a_j; b)$  и  $y_2(o, a_j; b)$ , оптимальные схемы  $\vec{z}_0(b; a_j)$  и  $\vec{w}_0(b; a_j)$  и вычислять связанные с ними результаты  $\vec{u}_0(b; a_j)$  (эти последовательности алгоритмов можно построить, например, на основе [4, 8, 22] при условии, что в нашем распоряжении имеются общие и специальные методолого-теоретические базы).

Легко показать, что далеко не всякая база (4) позволяет строить даже нестрогий порядок на три градации [8]. Какие именно базы (4) сейчас имеются ввиду различными и многочисленными изобретателями методик оценок месторождений—неизвестно. Отсюда вытекает, что, по-видимому, не имеет смысла при применении математических методов и ЭВМ для оценки месторождений двигаться принятым путем, через привычные задачи на оптимум, как это делается, например, в [18, 19]. Возможно, отсюда вытекает, что принятое направление исследований по оценке месторождений, кратко охарактеризованное, например, в [13, 24], вообще нуждается в коррекции.

### З а к л ю ч е н и е

Отмечено, что для эффективного применения математических методов ЭВМ при поисках и разведке полезных ископаемых необходимо, в первую очередь, математически поставить и решить задачу оценки месторождений. Показано, что современное состояние разработок по методологии и теории оценки месторождений не позволяет сделать этого, а принятое сейчас направление по развитию этих разработок обладает рядом отрицательных моментов и нуждается в коррекции.

В целях разработки методологии и теории оценки месторождений уточнены некоторые представления о геологических задачах и подзадачах, указана необходимость разработки представлений о геологических заданиях, введены представления об общих – методологической и теоретической, а так же специальной методологической – базах оценки месторождений. Проведен анализ формальной основы известных методик оценки месторождений и показана принципиальная невозможность избавиться от субъективизма при использовании такой основы. Введены представления о правильной эксплуатации месторождений, о модели месторождений, о разумных и неразумных прямых, а также сильных, слабых и неявных косвенных оценках месторождений, рассмотрены их свойства, способы получения и взаимосвязь. Показано, что все известные сейчас оценки месторождений являются неявными косвенными и не могут быть использованы при математической постановке задачи оценки месторождений.

Намечен подход к заданию прямых и построению косвенных оценок месторождений. Показано, что построение косвенных оценок месторождений может быть интерпретировано как решение известной формальной задачи упорядочения множества, по которой уже имеются все необходимые разработки и результаты. Оказывается, что новый путь получения оценки месторождений с методологическо-теоретических позиций более обоснован, не сложнее принятого сейчас, он позволяет, в некоторых предположениях, избавиться от субъективизма и дает возможность математически поставить и решить задачу оценки месторождений, однако только при условии значительного изменения существующих методологическо-теоретических баз и банка данных.

## Л и т е р а т у р а

1. БЕХРЕНС В.В. Динамика использования минеральных ресурсов, Знание, Современные проблемы кибернетики, Серия математика и кибернетика, 1977, №7.
2. БУРДО Л.П., ТЕСТЕР Н.М. Оптимальная экономическая оценка месторождений рудных полезных ископаемых. Проблемы методики разведки и геолого-экономической оценки месторождений. Тр. ВИМС, Москва, 1976.

3. ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВА И.А., ЕГАНОВ Э.А. К проблеме упорядочения объектов в геологии.-Применение математических методов и ЭВМ при поисках полезных ископаемых. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1974.
- 4.ВОРОНИН Ю.А. Программа и методические разработки к курсу "Теория поисков полезных ископаемых". Ротапринт Алма-Ата, КОМЭ МГ Каз. ССР, 1975.
- 5.ВОРОНИН Ю.А., МУКИМОВ Р.А. Общие вопросы применения математических методов и ЭВМ при подсчете запасов полезных ископаемых.-Применение математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
- 6.ВОРОНИН Ю.А., ГОРЕЛОВА Н.Г. О постановке и решении задачи построения структурного множества.-Применение математических методов ЭВМ при поисках полезных ископаемых. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
- 7.ВОРОНИН Ю.А., ЕГАНОВ Э.А., УСМАНОВ Ф.А. О типизации геологических задач в связи с применением математических методов и ЭВМ.-Применение математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
- 8.ВОРОНИН Ю.А. Совершенствование методологических, теоретических и организационных основ поисков и разведки полезных ископаемых в связи с применением математических методов и ЭВМ.  
Препринт ВЦ СО АН СССР, ч. I-III, Новосибирск, 1976.
- 9.ВОРОНИН Ю.А., БУДЯНСКИЙ Ю.А. Об оценке состояния и перспективах развития поисково-разведочной геофизики. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
- 10.ВОРОНИН Ю.А., КУРБАНАЕВ Р.М. Схема анализа геологоразведочных работ. Препринт, ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
11. ВОРОНИН Ю.А. О необходимых критериях для управления поисками полезных ископаемых. Препринт, ВЦ СО АН СССР Новосибирск, 1977.

12. ГАТОВ Т.А. Экономическая оценка месторождений цветных металлов. М., "Недра", 1975.
13. ГАТОВ Т.А. Основные вопросы оценки месторождений цветных металлов. КОМЭ МинГео КазССР, Алма-Ата, 1977.
14. ГОРЕЛОВА Н.Г. Постановка и общая схема решения на ЭВМ задач упорядочения. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
15. ДЕГТЯРЕВ В.С. Методика предварительной технико-экономической оценки месторождений цветных металлов. КазИМС МинГео КазССР, Алма-Ата, 1970.
16. КАЖДАН А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. М., "Недра", 1977.
17. КАГАНОВИЧ С.Я. Экономика минерального сырья. М., "Недра", 1975.
18. МАТЕРОН Ж. Основы прикладной геостатистики. М., "Мир", 1968.
19. МАРГОЛИН А.М. Оценка запасов минерального сырья. Математические методы. М., "Недра", 1974.
20. Методологические принципы физики (история и современность), под редакцией Б.М. КЕДРОВА и Н.Ф. ОВЧИННИКОВА, М., "Недра", 1975.
21. Поэтапное планирование выполнения геологических заданий на объекты геологоразведочных работ (методические рекомендации). М., ВИЭМС, 1976.
22. Применение математических методов ЭВМ при поисках полезных ископаемых. Тр. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1971-1977 годы.
23. ТОРВАЛЬД Ю. Сто лет криминалистики. М., "Прогресс", 1975.
24. ХРУЦОВ Н.А., ПАВЛОВ В.К. Актуальные направления научных исследований по совершенствованию методики разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. Проблемы методики разведки и геолого-экономической оценки месторождений. Тр. ВИМС, М., 1976.

Каллистов П.Л., Камышев Ю.И.,  
Полиенко В.В.

О ПРИМЕНЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЯХ

1. Какими причинами вызвано интенсивное применение прикладной математики в геологии? На наш взгляд, главными из них являются следующие.

(1). Неизмеримо возросшие потребности народного хозяйства в минеральном сырье диктуют необходимость ставить проблему прогноза рудоносности территории и оценки месторождений на более прочном научном фундаменте. Сложившееся же сейчас положение таково, что традиционные геологические методы начинают исчерпывать свои возможности.

(2). За последние десятилетия в геологии интенсивно развиваются геофизические, геохимические и другие методы исследований, которые сами по себе требуют обязательного применения математических методов, и, кроме того, связь которых с геолого-промышленными параметрами объектов плохо изучена.

(3). Накопленный огромный фактический материал требует обработки на ЭВМ, т.к. анализ его традиционными методами невозможен в приемлемые сроки.

2. Каковы же успехи в решении этих задач на сегодняшний день?

Начало широкого внедрения математических методов и ЭВМ в практику геологических исследований относится примерно к 1957-1958 гг. Сейчас /80-90%/ НИИ геологического профиля имеют в своем распоряжении 1-2 или даже 3 ЭВМ. Практически все ТГУ и управления геологии союзных республик создали ВЦ или опытно-методические экспедиции, так же оснащенные ЭВМ. В отрасли имеется институт ВИЭМС и создан ГВЦ, которые должны направлять и координировать работы не только по созданию ОАСУ-Геология, но и по вопросам методики применения математических методов в геологических исследованиях. Сумма капитальных затрат только на приобретение ЭВМ составила к настоящему моменту не менее 100 млн. рублей.

3. Однако следует признать, что эффективность этих затрат материальных и трудовых ресурсов в отрасли чрезвычайно низка. Почему? Это, на наш взгляд, объясняется следующими причинами.

(1). Математики (а этим термином мы традиционно называем людей, числящихся в штатах ВЦ, но никак не людей, обладающих эрудицией как в геологии, так и в математике) занимаются зачастую неквалифицированным переложением геологических воззрений на язык математики. При этом ими на интуитивной, по существу, основе выборочно отвергаются отдельные аспекты опыта геологов.

(2) Нечеткое понимание места и актуальности отдельных проблем в геологии приводит к неправильному определению перечня задач и очередности их решения, а так же к большим затратам по решению второстепенных вопросов.

(3). Организация математического обслуживания в геологии находится на низком уровне. Действительно, снабжение ЭВМ и создание ВЦ осуществлялось и осуществляется в первую очередь в геологических управлениях, которые, как известно, являются территориальными производственными организациями. Вопросы разработки методики применения математических методов (ответственный ВИЭМС) и комплексного анализа геолого-разведочной информации по всей территории СССР (ответственный ВСЕГИ) остались, по существу, без надлежащей общей координации, т.к. оба эти института в силу своей узкой геологической специализации не могут охватить все многообразие проблем геологической науки. Мало-

мощные же математические службы специализированных НИИ не могут удовлетворить потребности даже своих отраслей в указанных методических разработках. Так, например, ЦНИГРИ, курирующий месторождения цветных и благородных металлов, занимающих ведущее место в общесоюзном балансе, имеет штат лаборатории математических методов 10 человек и работает на арендуемых ЭВМ.

(4) До сих пор не определен психологический барьер, который объясняется недопониманием значимости математических методов и препятствует широкому применению их в геологии. Сдерживающими факторами являются и нередкие случаи неквалифицированного применения математики в этой науке.

4. Рассмотрим состояние дел в настоящее время. Можно говорить о применении в геологии, в основном, трех математических подходов.

I. Д е т е р м и р о в а н н ы е м е т о д ы, под которыми мы понимаем методы изучения, базирующиеся на утверждении, что наблюдаемые явления подчинены линейным связям. Данные методы традиционны в геологии и применяются при решении задач интерполяции во всех расчетах геометризации геологических объектов, например, построение планов и разрезов.

П. Э в р и с т и ч е с к и е м е т о д ы, под которыми мы понимаем применение алгоритмов, обоснование применения которых базируется на интуитивной основе. Главными из них, по нашему мнению, являются алгоритмы распознавания образов и тренд-анализ.

Ш. В е р о я т н о с т н ы й п о д х о д, под которым мы понимаем применение теории вероятности и методов математической статистики, применение которых базируется на вероятностной основе причинно-следственных связей в природе.

Можно видеть, что во всех этих трех направлениях очень много самостоятельности и методологической неразберихи.

Например, при моделировании процесса поиска часть исследователей рассматривает этот процесс как чисто случайный, замыкая при этом существующие обратные связи (Новосибирск). Другая часть исследователей не учитывает характера распределения ошибок аппроксимации (ВИЭМС). Некоторые вообще не учитывают вероятность аспектов всей геологоразведочной информации (ВИЭМС Магадан). Имеется еще целый ряд примеров некорректности постановки

задач, но, видимо, их нет смысла перечислять. Рассмотрим только один пример, а именно, подсчет запасов и геолого-экономическая оценка месторождения. Данный пример характерен тем, что в этих работах применение математических методов должно осуществляться для повышения экономической эффективности обработки месторождений. Однако все известные нам попытки ставят своей целью переложение традиционной методики подсчета запасов на ЭВМ, о чем свидетельствует тот факт, что ни в одну из них не включен фактор времени. Все модели, например, не учитывают то обстоятельство, что применение минимально-промышленного содержания, рассчитанного для всего месторождения, при принятии решения о судьбе блоков с меньшими содержаниями приводит к потерям не менее 20% металла.

5. На работах по созданию ОАСУ-Геология необходимо останавиться отдельно. В этом деле, как в зеркале, видны все недостатки организации работ в отрасли.

Если взять из целевых заданий на разработку ОАСУ-Геология название подсистем, а потом проанализировать их с точки зрения перечня задач, то нетрудно заметить, что (80-90%) от их общего числа мы решать на достаточно высоком научном уровне не умеем. Действительно, что означает подсистема "Планирование геологоразведочных работ". Здесь имеется в виду, что мы должны распределять средства на производство этих работ, используя научно обоснованный подход. Но, как известно, мы на настоящей момент времени не имеем критерия оценки рудоносности территорий. Значит преждевременно ставить задачу разработки этой подсистемы, т.к. в лучшем случае мы можем получить на выходе переложение существующих волюнтаристских методов на ЭВМ. Аналогично обстоит дело и с большинством других подсистем ОАСУ.

Показательно положение дел с подсистемой "Информационно-поисковая система сбора, хранения, поиска и методов обработки геологоразведочной информации по рудным месторождениям". Данная подсистема разрабатывалась ЦНИГРИ в течение 7 лет. Был разработан пакет программ, формы сбора информации и т.д. Стоял вопрос о внедрении, т.к. значение подобной подсистемы для производственных организаций, НИИ геологического профиля и МинГео СССР переоценить невозможно. Что же выяснилось через

7 лет? Оказывается, ЦНИГРИ эту подсистему внедрить не на чем. ВИЭМС и ВГФ, оказывается, одновременно разрабатывали подобную же подсистему (только в ухудшенном варианте) и программирование для них осуществлял Пермский институт Минприбора СССР. Эту систему также не на чем внедрить. Вопрос заключается в том, каково качество разработанного программного обеспечения у этих двух организаций и какова стоимость проведенных работ, если в ЦНИГРИ эта работа осуществлялась силами 4-5 человек, а в ВИЭМСе и ВГФ подобной работой занималось примерно 40-50 человек, да и программное обеспечение им делали на стороне?

Подобные примеры из практики разработки ОАСУ-Геология можно множить и множить.

Для контраста можно привести следующий пример. В МинУглепроме СССР подсистема ОАСУ-Кадры была разработана (силами 3-4 человек) и внедрена во всей отрасли за 1,5 года. Трудоемкость переложения существующей методики планирования, финансирования и некоторых других задач, входящих в подсистему ОАСУ-Геология, примерно одинакова с подсистемой "Кадры" Минуглепрома СССР, но в МинГео СССР и эти подсистемы и сама подсистема "Кадры" до сих пор не разработана и не внедрена, хотя ВИЭМС потратил уже в 5 раз больше времени.

В заключение необходимо отметить следующее принципиальное положение - сложности данного периода внедрения математических методов в геологию заключаются в отсутствии творческого контакта между математиками и геологами, что в значительной мере объясняется недостатками организации. Попытки переложения существующих геологических методов обработки геологоразведочной информации на ЭВМ могут быть сравнены с установкой спидометра на тачку, т.к. применение математических методов без корректного анализа и постановки задачи не имеет особого смысла. Следует отметить и то, что, если не совсем корректная геологическая постановка задач может быть понята и, в известной мере, извинена недостаточным опытом математиков в геологии, то применение некорректных методов решения задач, и тем более чисто математические ошибки в постановке задач, недопустимы, т.к. если на геологический информационный шум наложить математическую некультурность, то трудно ожидать в обозримом будущем реального выхода.

Каким же образом можно повысить эффективность применения математических методов в геологических исследованиях?

Считая, что имеющееся положение вещей объясняется недостатками организации математической службы в геологии, можно предложить следующее.

(1). Неквалифицированное применение математических методов, в значительной мере объяснимое отсутствием содружества геологов и математиков может быть преодолено только путем создания новых и укрепления существующих лабораторий математических методов о ВЦ во всех отраслевых институтах МинГео СССР. Необходимо и широкое привлечение организаций АН СССР к решению методических вопросов применения математики в конкретных геологических задачах.

2. Необходимо разработать перечень проблем с примерным составом задач, решению которых должна и может способствовать математика, при этом необходимо наметить и очередность решения этих вопросов.

3. Необходимо в кратчайшие сроки создать общесоюзный ВЦ для сбора, хранения и обработки геологоразведочной информации по месторождениям полезных ископаемых, т.к. это является необходимым условием повышения эффективности не только применения математических методов в геологии, но и крайне необходимо для геологического информационного обслуживания народного хозяйства (АН СССР, Госплан СССР, добывающие министерства, министерство геологии СССР).

Ю. А. ВОРОНИН, Ю. А. БУДЯНСКИЙ, А. И. ВОСТРОКНУТОВА  
О МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

1. Будем считать известными общие представления, изложенные в [2], о поисково-разведочных работах (ПРР), полных и неполных, о схемах этих работ (см. приложение), о их промежуточных результатах и окончательных результатах, о вещественной и информационной ценности этих результатов, о трудности их получения, а также потерях (вещественных и информационных) и лишние затраты.

2. Под эффективностью полных ПРР будем понимать, следуя [1, 2], некоторый показатель, возрастающий с ростом ценности и неубывающий с ростом трудности получения окончательных результатов ПРР. Под эффективностью же неполных ПРР, следуя [2, 3], будем понимать некоторый показатель, неубывающий с ростом ценности и трудности получения промежуточных результатов ПРР, согласованных с показателем эффективности полных ПРР.

3. Говоря об оценке эффективности ПРР, в соответствии с [1,2,4], будем различать прямые (разумные и неразумные) и косвенные (сильные и слабые) критерии этой оценки.

4. Поставим целью в общих чертах уяснить основы методики построения критериев оценки эффективности ПРР с учетом уже имеющегося опыта построения таких критериев в [1,2,5].

5. Как показано в [2], уточнение конкретных представлений о конечных результатах ПРР, о их ценности и трудности получения и т.д. возможно лишь в рамках некоторой конкретной модели ПРР. Следовательно, конкретно говорить об оценке эффективности ПРР можно только зафиксировав их конкретную модель.

6. Используем с небольшими, но важными изменениями модель ПРР, которая была предложена в [1]. Эта простейшая модель, отвечающая последовательным ПРР, с заранее жестко фиксированным концом, обладает, как отмечалось в [1], рядом привлекательных черт, однако она не содержит в себе представлений о информационной ценности результатов ПРР, о потерях и лишних затратах [2], она отвечает одинаковым заданиям. Принимая такую модель, на первых порах приходится отказываться от учета этих важных факторов.

7. Наша модель ПРР может быть кратко описана так.

Имеются районы ПРР, а так же имеются геологи, ведущие ПРР. При поисках в районах выделяются участки, среди которых имеются промышленные и непромышленные. При разведке в районах некоторым образом выбирается часть участков и каждый из них оценивается. В результате оценивания безошибочно определяется, является ли участок промышленным или нет. Как только в районе удастся обнаружить фиксированное число промышленных участков, ПРР в нем прекращаются.

Каждый  $i$ -ый район,  $i = 1 \div m$ , после поисков характеризуется:  $N_1$  - общим числом участков;  $n_1$  - числом промышленных участков,  $n_1 \geq 1$  (это условие вытекает из определения района ПРР);  $c_1^-$  - стоимостью оценивания одного участка (с учетом всех предыдущих затрат);  $c_1^+$  - стоимостью одного промышленного участка;  $h_1$  - числом промышленных участков, которые необходимо обнаружить;  $c(i)$  - ассигнованиями на ПРР,  $c(i) \geq c_1^-(N_1 - n_1 + h_1)$  (это условие обеспечивает возможность доведения ПРР до конца в любом случае).

Из сказанного видно, что в отличие от [ I ] , здесь в каждом  $i$  -ом районе нужно найти свое количество промышленных участков  $n_i$  . Показатели  $n_i$  и  $c(i)$  называются планом работ в  $i$  -ом районе. Условие  $c(i) \geq c_i(N_i - n_i + h_i)$  позволяет считать все планы во всех районах одинаковыми и малыми по напряженности.

8. Для дальнейшего необходимо кратко остановиться на [ I ] .

Известно, что для управления ПРР необходимо, но еще недостаточно, наличие некоторых критериев, в частности, для выбора районов для выдачи и распределения ассигнований на ПРР, для оценки их эффективности и для определения условий их прекращения в некотором районе. Причем, эти критерии должны быть разумными и общепринятыми. До сих пор таких критериев нет. Возникает вопрос: можно ли их в принципе получить? В [ I ] показано, что в отсутствии четких представлений о разумности, на основе принятой сейчас методики построения, нужных нам критериев получить нельзя. В принципе же дело обстоит так. Следует различать прямые и косвенные критерии, обязательно выделяя в явном виде среди прямых разумные и неразумные, и среди косвенных - сильные и слабые (эффективные, почти эффективные и квазиэффективные) [ 4 ] . В рамках фиксированной модели ПРР построение прямых разумных критериев, в принципе, возможно, однако даже в простейших случаях для этого необходимы специальные соглашения относительно использования окончательных результатов ПРР, относительно планов ПРР, необходимы аксиомы, необходим специальный эмпирический материал и подходящая методика их построения и исследования. В [ I ] приведены некоторые возможные трактовки разумности критериев, даны примеры таких критериев и установлена их связь с критериями, используемыми на практике. Важно отметить, что по определению разумным может считаться только такой критерий, для которого предсказание легче получить, чем для отдельных аргументов, от которых он зависит.

Что же касается построения косвенных критериев, то о их построении можно говорить лишь при наличии прямых разумных критериев и наличии подходящего эмпирического материала. С учетом реальных возможностей описания эмпирического материала сильных косвенных критериев в принципе построить нельзя. Возможно построение только слабых косвенных критериев. Основное

внимание в [I] и было уделено доказательству этого утверждения. Сделано это было на примере критерия оценки эффективности ПРР. При этом в [I] для прямого разумного критерия оценки для случая  $h_i = 1$  было получено выражение:

$$\varphi(k, \frac{n}{N}, N) = \begin{cases} \frac{N}{N-n} \left( \frac{1}{k} \psi_1 - \frac{n+1}{N+1} \psi_2 \right), & 1 \leq k \leq \frac{N+1}{n+1} \\ 1 - \frac{(n+1)}{N+1} \left( \frac{N}{N-n} \right) \psi_2, & \\ 0, & \frac{N+1}{n+1} < k \leq N-n+1 \end{cases}$$

$$\psi_1 = 1 - \frac{n}{N} - \frac{k}{N} + \frac{1}{N}, \quad \psi_2 = 1 - \frac{n}{N} - \frac{1}{N} \frac{(N+1)}{n+1} + \frac{1}{N}. \quad (1)$$

В (I), ради краткости,  $k_i$ ,  $N_i$  и  $n_i$  был опущен индекс  $i$ .

9.Теперь на основе (I) можно конкретно указать, какой именно критерий предлагается здесь строить. Из сказанного в п.8 вытекает, что критерий (I) можно толковать как критерий оценки эффективности ПРР в районе, модель которых кратко описана в п.7, при условии, что они заканчиваются в районе после обнаружения одного промышленного участка. Напомним, что  $N$  - общее число участков в районе,  $n$  - число промышленных участков,  $k$  - число участков, которые пришлось оценить, чтобы обнаружить один промышленный.

Критерий (I) является лишь частным критерием, отвечающим случаю обнаружения одного промышленного участка, причем непараметрическим, в том смысле, что в нем некоторым фиксированным образом учтено относительное влияние ценности и трудности получения результатов поисково-разведочных работ на их эффективность, он не содержит параметров, с помощью которых можно было бы нужным образом соизмерить относительное влияние этих факторов. Этот критерий отвечает одинаковому заданию  $h = 1$ .

Здесь речь пойдет о построении общего параметрического критерия оценки эффективности ПРР в районе для модели, кратко описанной в п.7, для случая различных планов, но одинаковых и малых по напряженности.

10.Заметим, что нужный нам критерий нельзя получить из

критерия (I) путем простого введения взвешивающих параметров. Всякое такое введение, как оказалось, приводит к противоречию с аксиомой (I2)<sub>2</sub> из [I] :

$$\varphi(k, \frac{n}{N}, N) = 1 \Leftrightarrow k = 1. \quad (2)$$

Это, видимо, говорит о необходимости изменения этой аксиомы, сформулированной в [I] на основе "очевидных практических требований" (критерий (I) должен достигать максимального значения при  $k = 1$ , при любых  $n$  и  $N$ , ибо значение  $k = 1$ , при любых  $n$  и  $N$ , отвечает максимальному успеху). Это говорит о том, что при формулировании аксиом "очевидные практические требования" не всегда можно учитывать непосредственно.

Заметим так же, что оказалось затруднительным придать однозначный смысл аксиоме (7) из [I] :

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta k} \sim \frac{\Delta\varphi}{\Delta(\frac{n}{N})} > \frac{\Delta\varphi}{\Delta N}. \quad (3)$$

Она была преднозначена для того, чтобы зафиксировать "относительную силу зависимости  $\varphi(k, \frac{n}{N}, N)$  от своих аргументов". Это обстоятельство говорит о том, что при формулировке аксиом не всегда можно использовать "общепонятные высказывания".

В дальнейшем выяснилось, что обобщение (I) на случай обнаружения  $h$  промышленных участков оказывается затруднительным. По-видимому, это обусловлено тем, что были не очень удачно фиксированы сами показатели ценности и трудности получения результатов ПРР (формулы (8) и (9) в [I]), без учета необходимости их раздельного обобщения. Это обстоятельство говорит о том, что, видимо, следует начинать с формулировки аксиом относительно этих показателей, первоначально необходимо обобщать и исследовать каждый из них и только после этого переходить к построению нужного нам критерия.

II. Обратимся к построению показателя  $\varphi_1$  ценности (только вещественной) результатов ПРР в районе в принятой модели. В начале рассмотрим случай  $h = 1$ . Исходя из [I,3] будем требовать, чтобы показатель  $\varphi_1$  удовлетворял следующим аксиомам:

$$\varphi_1 = \varphi_1(k, \frac{n}{N}, N), \quad 1 \leq k \leq N-n+1, \quad 1 \leq n < N, \quad (4)'$$

$$N_0 \leq N < \infty;$$

$$0 \leq \varphi_1(k, \binom{N}{n}, N) \leq 1 \quad (4)_2^1$$

$$\varphi_1(k, \binom{N}{n}, N) = 1 \iff k = 1 \quad (4)_3^1$$

$$\varphi_1(k, \binom{N}{n}, N) = 0 \iff k = N - n + 1 \quad (4)_4^1$$

$$\varphi_1 = \tilde{\varphi}_1 \left( \frac{1}{k} \right) \cdot \bar{\varphi}_1 \left( \frac{k}{N}, \binom{N}{n}, \frac{1}{N} \right), \quad \tilde{\varphi}_1 \left( \frac{1}{k} \right) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{a_p}{k^p}. \quad (4)_5^1$$

Заметим, что постоянная  $N_0$  в (4) определяется исходя из минимального числа участков в районе. Ограничиваясь простейшим выражением для  $\tilde{\varphi}_1 \left( \frac{1}{k} \right)$ , получим для  $\varphi_1$ :

$$\varphi_1(k, \binom{N}{n}, N) = \frac{1}{k} \frac{1}{1 - \binom{N}{n}} \left( 1 - \frac{n}{N} - \frac{k}{N} + \frac{1}{N} \right) \quad (5)_1$$

$$1 \leq k \leq N - n + 1, \quad 1 \leq n < N, \quad N_0 \leq N < \infty.$$

Легко видеть, что (5)<sub>1</sub> является функцией, убывающей с ростом  $k, \binom{N}{n}$  и  $N$ . При  $k = k^*(n, N) = \frac{N+1}{n+1}$ , смотри (I7) в [I], будем иметь:

$$\varphi_1(k^*, \binom{N}{n}, N) = \left( \frac{N}{N+1} \right) \left( \frac{n+1}{N-n} \right) \left\{ 1 - \left( \frac{n}{N} \right) - \left[ \left( \frac{N+1}{N} \right) \frac{1}{n+1} - \frac{1}{N} \right] \right\}. \quad (6)_1$$

Как отмечалось в [I], для измерения относительной ценности результатов ПРР, по отношению к случайным ПРР, вместо показателя  $\varphi_1$  следует вводить иной показатель  $f_1$ , для которого аксиома (4) должна иметь вид:

$$f_1(k, \binom{N}{n}, N) \equiv 0, \quad k \geq k^*(n, N) = \frac{N+1}{n+1}. \quad (4)_4^1$$

Для такого показателя с учетом (5)<sub>1</sub> и (6)<sub>1</sub> получим

$$f_1(k, (\frac{n}{N}), N) = \begin{cases} \frac{\varphi_1(k_1(\frac{n}{N}), N) - \varphi_1(k_1^*(\frac{n}{N}), N)}{1 - \varphi_1(k^*, (\frac{n}{N}), N)}, & k \leq k^* \\ 0, & k^* < k \leq N - n + 1. \end{cases} \quad (9)_1$$

Можно различать районы, во-первых, по "размерам" ( $N$ ): малые ( $N \sim 10$ ), средние ( $N \sim 100$ ) и больше ( $N > 100$ ), во-вторых, по "перспективности" ( $\frac{n}{N}$ ): бедные ( $\frac{n}{N} < \frac{1}{2}$ ) средние ( $\frac{n}{N} \sim \frac{1}{2}$ ) и богатые ( $\frac{n}{N} > \frac{1}{2}$ ). Для каждого из девяти типов районов можно получить из (5)<sub>1</sub> и (6)<sub>1</sub> свои выражения. Заметим, что:

$$\lim_{N \rightarrow \infty, \frac{n}{N} \rightarrow \varepsilon} \varphi_1(k, (\frac{n}{N}), N) = \frac{1 - k\varepsilon}{k(1 - \varepsilon)}, \quad (7)$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty, \frac{n}{N} \rightarrow \varepsilon} \varphi_1(k^*, (\frac{n}{N}), N) = 0. \quad (8)$$

Рассмотрим теперь случай  $h = 2$ . Пусть первый промышленный участок был обнаружен на  $k_1$ -ом шаге, а второй - на  $k_2$ -ом. Если при  $h = 1$   $k = k_1$ , то при  $h_2 = 2$  следует положить  $k = \alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2$ ,  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ ,  $k_1 < k_2$ . Здесь  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  параметры, взвешивающие относительную ценность первого и второго обнаружения участков. При таком толковании  $k$  следует требовать, чтобы показатель  $\varphi_2$  удовлетворял следующим аксиомам:

$$\varphi_2 = \varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N), \quad 2 \leq n < N, \quad N_0 \leq N < \infty, \quad (4)_1^2$$

$$\alpha_1 + 2\alpha_2 \leq k \leq N - n + \alpha_1 + 2\alpha_2,$$

$$0 \leq \varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N) \leq 1, \quad (4)_2^2$$

$$\varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N) = 1 \Leftrightarrow k = \alpha_1 + 2\alpha_2, \quad (4)_3^2$$

$$\varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N) = 0 \Leftrightarrow k = N - n + \alpha_1 + 2\alpha_2, \quad (4)_4^2$$

$$\varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N) = \tilde{\varphi}_2(\frac{1}{k}) \cdot \tilde{\varphi}_2(\frac{k}{N}, (\frac{n}{N}), \frac{1}{N}), \quad \tilde{\varphi}_2(\frac{1}{k}) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{a_p}{k^p}. \quad (4)_5^2$$

Ограничиваясь, опять-таки, простейшим выражением для  $\tilde{\varphi}_2(\frac{1}{k})$  получим для  $\varphi_2$  :

$$\varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N) = \frac{1}{k} \frac{\alpha_1 + 2\alpha_2}{1 - (\frac{n}{N}) - \frac{k}{N} + \frac{\alpha_1 + 2\alpha_2}{N}}, \quad (5)_2$$

$$k = \alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1, \quad 2 \leq n < N, \quad N_0 \leq N < \infty,$$

$$\alpha_1 + 2\alpha_2 \leq k \leq N - n + \alpha_1 + 2\alpha_2.$$

Можно видеть, что (II) является неубывающей функцией с ростом  $k$ ,  $(\frac{n}{N})$  и  $N$ . При  $k = k^*(n, N) = \frac{N+1}{n+1} (\alpha_1 + 2\alpha_2)$  будем иметь:

$$\varphi_2(k^*, (\frac{n}{N}), N) = \left( \frac{N}{N+1} \right) \left( \frac{n+1}{N-n} \right) \left\{ 1 - \left( \frac{n}{N} \right) - (\alpha_1 + 2\alpha_2) \left[ \frac{N+1}{N} \frac{1}{n+1} - 1 \right] \right\} \quad (6)_2$$

Для показателя относительной ценности результатов ПРР  $f_2$ , для которого аксиома (4)<sub>4</sub><sup>2</sup> должна иметь вид:

$$f_2(k, (\frac{n}{N}), N) \equiv 0, \quad k \geq k^*(n, N) = \frac{N+1}{n+1} (\alpha_1 + 2\alpha_2) \quad (4)_4^2$$

будем, с учетом (5)<sub>2</sub> и (6)<sub>2</sub>, иметь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\varphi_2(k, (\frac{n}{N}), N) - \varphi_2(k^*, (\frac{n}{N}), N)}{1 - \varphi_2(k^*, (\frac{n}{N}), N)}, \quad k \leq k^* \\ 0, \quad k^* < k \leq N - n + \alpha_1 + 2\alpha_2. \end{array} \right. \quad (9)_2$$

Аналогично предыдущему для случая произвольного  $n$  получим

$$\varphi(k, \binom{n}{N}, N) = \frac{1}{k} \frac{\prod_{i=1}^h \alpha_i}{1 - \binom{n}{N}} \left( 1 - \binom{n}{N} - \frac{k}{N} + \frac{\sum_{i=1}^h i \alpha_i}{N} \right) \quad (5)$$

$$k = \sum_{i=1}^h \alpha_i k_i, \quad \sum_{i=1}^h \alpha_i = 1, \quad h \leq n < N, \quad N_0 \leq N < \infty,$$

$$\sum_{i=1}^h i \alpha_i \leq k \leq N - n + \sum_{i=1}^h i \alpha_i$$

(6)

$$\varphi(k^*, \binom{n}{N}, N) = \left( \frac{N}{N+1} \right) \left( \frac{n+1}{N-n} \right) \left\{ 1 - \binom{n}{N} - \sum_{i=1}^h i \alpha_i \left[ \left( \frac{N+1}{N} \right) \frac{1}{n+1} - \frac{1}{N} \right] \right\}$$

$$f(k, \binom{n}{N}, N) = \begin{cases} \frac{\varphi_h(k, \binom{n}{N}, N) - \varphi_h(k^*, \binom{n}{N}, N)}{1 - \varphi_h(k^*, \binom{n}{N}, N)}, & k \leq k^* = \frac{N+1}{n+1} \sum_{i=1}^h \alpha_i i \\ 0, & k^* < k \leq N - n + \sum_{i=1}^h i \alpha_i. \end{cases} \quad (9)$$

Заметим, что в (5)  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_h$  являются параметрами, взвешивающими относительную ценность обнаружения участков. Выражение (5) отвечает общему показателю, а выражение (9) отвечает общему относительному показателю ценности (только вещественный) результатов ПРР в районе в принятой модели.

12. Займемся теперь построением показателя трудности получения результатов ПРР в районе для нашей модели. С учетом [1,2], для случая  $h = 1$  необходимо потребовать, чтобы этот показатель  $\Psi_1$  удовлетворял следующим аксиомам:

$$\Psi_1 = \Psi_1\left(\frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right), \quad (10)_1^1$$

$$0 \leq \Psi_1\left(\frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) \leq 1, \quad (10)_2^1$$

$$\Psi_1\left(\frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = 0 \quad \text{при} \quad N \rightarrow N_0, \quad \left(\frac{n}{N}\right) \rightarrow 1, \quad (10)_3^1$$

$$\Psi_1\left(\frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = 1 \quad \text{при} \quad N \rightarrow \infty, \quad \left(\frac{n}{N}\right) \rightarrow 0, \quad (10)_4^1$$

$$\Psi_1\left(\frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = \Psi_1\left(1 - \frac{n}{N}, 1 - \frac{1}{N}\right). \quad (10)_5^1$$

Ограничиваясь простейшим выражением, для  $\Psi_1$  будем иметь

$$\Psi_1\left(\frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = \beta_1 \left(1 - \frac{n}{N}\right) + \beta_2 \left(1 - \frac{N}{N}\right),$$

$$\beta_1 + \beta_2 = 1.$$

В (II)  $\beta_1$  и  $\beta_2$  являются параметрами, взвешивающими относительное влияние на трудности получения результатов "перспективности"  $\left(\frac{n}{N}\right)$  и "размеров" (N) района.

Для произвольного h необходимо потребовать, чтобы  $\Psi$  удовлетворяла таким аксиомам

$$\Psi = \Psi\left(h, \frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right), \quad (10)_1$$

$$0 \leq \Psi\left(h, \frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) \leq 1, \quad (10)_2$$

$$\Psi\left(h, \frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = 0 \quad \text{при} \quad N \rightarrow N_0, \quad \left(\frac{n}{N}\right) \rightarrow 1, \quad (10)_3$$

$$\Psi\left(h, \frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = 1 \quad \text{при} \quad N \rightarrow \infty, \quad \left(\frac{n}{N}\right) \rightarrow 0, \quad (10)_4$$

$$\Psi\left(h, \frac{n}{N}, \frac{1}{N}\right) = \Psi\left(\left[1 - \left(\frac{n}{N}\right)^{t(h)}\right], \left[1 - \left(\frac{1}{N}\right)^{s(h)}\right]\right). \quad (10)_5$$

Ограничиваясь опять-таки простейшим выражением для  $\Psi$ , будем иметь

$$\Psi(h, \frac{n}{N}, \frac{1}{N}) = \beta_1 (1 - (\frac{n}{N})^{h+(h-1)})\gamma_1 + \beta_2 (1 - (\frac{n}{N})^{h+(h-1)})\gamma_2. \quad (11)$$

В (II)  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  являются параметрами, задающими возрастание трудности получения результатов с ростом  $h$ , с ростом числа обнаруживаемых участков.

13. Обратимся, наконец, к построению  $K$  общего параметрического критерия оценки эффективности ПРР в районе для выбранной нами модели. Ранее для этой модели уже были получены выражения для  $\Phi$ , общего параметрического показателя ценности, и выражения для  $\Psi$ , общего параметрического показателя трудности получения результатов ПРР. С учетом [1,2] и [5] необходимо потребовать, чтобы интересующий нас критерий  $K$  удовлетворял системе аксиом:

$$K = K(\Phi, \Psi), \quad (12)_1$$

$$0 \leq K(\Phi, \Psi) \leq 1, \quad (12)_2$$

$$K(\Phi, \Psi) = 0 \Leftrightarrow \Phi_h = 0, \quad (12)_3$$

$$K(\Phi, \Psi) = 1 \Leftrightarrow \Phi_h = 1, \quad \Psi = 1, \quad (12)_4$$

$$K(\Phi, \Psi) = \sum_{p,q} a_{pq} \Phi^p \Psi^q. \quad (12)_5$$

Ограничиваясь простейшим выражением для  $K$  получим:

$$K(\Phi, \Psi) = \varphi(k, (\frac{n}{N}), N) [u_1 + u_2 \Psi(h, (\frac{n}{N}), \frac{1}{N})]. \quad (13)$$

Здесь  $\varphi(k, (\frac{n}{N}), N)$  и  $\Psi(h, (\frac{n}{N}), \frac{1}{N})$  определяются по (5) и (II), а  $u_1$  и  $u_2$  являются параметрами, взвешивающими влияние этих двух показателей.

14. Аналогично для  $K_0$  общего параметрического критерия относительной оценки эффективности ПРР в районе для нашей модели

будем иметь

$$K_0(f, \Psi) = f(k, (\frac{D}{N}), N) [u_1 + u_2 \Psi(h, (\frac{D}{N}), \frac{1}{N})]. \quad (14)$$

Здесь  $f(k, (\frac{D}{N}), N)$  является показателем относительной ценности результатов ПРР в районе, он определяется по (9), а  $\Psi(h, (\frac{D}{N}), \frac{1}{N})$ ,  $u_1$  и  $u_2$  имеют уже упомянутый смысл.

15. Для учета информационной ценности результатов ПРР, по-видимому, следует поступать так. С каждым  $p$ -ым участком следует связать некоторый вектор описания  $\vec{x}_p$ , а с каждым двумя  $p$ -ым и  $q$ -ым обнаруженными участками связать значения некоторой меры сходства  $\lambda(\vec{x}_p, \vec{x}_q)$ . Считая, что ранее были оценены участки  $1; 2; \dots, s'$ , после оценивания участков  $s+1, s+2, \dots, k(h)$ , можем получить матрицы мер сходства:

$$\{\lambda(\vec{x}_{p'}, \vec{x}_{q'})\}, \quad (15)$$

$$p', q' = 1', 2', \dots, k(h).$$

Информационную ценность результатов ПРР, связанных с оцениванием  $k(h)$  участков, в такой модели можно определить как функцию от  $\min_{\vec{x} \in \{\vec{x}\}} \lambda(\vec{x}_p, \vec{x})$  и  $\min_{\vec{x} \in \{\vec{x}\}} \lambda(\vec{x}_q, \vec{x})$  [2].

16. Представляет интерес найти связь между компенсирующими показателями исходя, например, из следующих уравнений:

$$\varphi(k + \alpha, (\frac{D}{N}), N) = \varphi(k, (\frac{D}{N}) \cdot \beta, N), \quad (16)$$

$$\varphi(k, (\frac{D}{N}) \alpha, N) = \varphi(k, (\frac{D}{N}), N - \beta),$$

$$\Psi(h + \alpha, (\frac{D}{N}), (\frac{1}{N})) = \Psi(h, (\frac{D}{N}) \beta, \frac{1}{N}), \quad (17)$$

$$\Psi(h, (\frac{D}{N}) \alpha, \frac{1}{N}) = \Psi(h, (\frac{D}{N}), \frac{1}{N} \beta),$$

$$K(\Phi \cdot \alpha, \Psi) = K(\Phi, \Psi \cdot \beta),$$

(18)

$$K(\Phi + \alpha, \Psi) = K(\Phi, \Psi - \beta).$$

Имеет смысл разработать методику исследования функций (5), (9), (II), (I3) и (I4).

### Заключение

Известная сейчас методика построения критериев для оценки эффективности ПРР не имеет перспектив. Для того, чтобы продвигнуться в этом направлении, необходимо уточнить исходные представления о ПРР, о их результатах, о вещественной и информационной ценности этих результатов, о трудности их получения, о потерях (вещественных и информационных), планах и районах ПРР. Такое уточнение возможно лишь в рамках конкретной модели ПРР. Под эффективностью ПРР следует понимать некоторую функцию, возрастающую с ростом ценности и необуывающую с ростом трудности получения результатов этих работ. Следует различать прямые (разумные и неразумные) критерии, а также косвенные (сильные и слабые, эффективные, почти эффективные и квазиэффективные) критерии оценки эффективности ПРР. Первоначально должны строиться прямые разумные критерии, затем можно пытаться строить косвенные слабые критерии. Построение прямых разумных критериев возможно, опять-таки, только в рамках конкретной модели этих работ. Даже в самых простейших случаях такое построение представляет весьма значительные трудности в силу отсутствия подходящей методики. Основные трудности обусловлены не столько различием в районах ПРР сколько различием в планах ПРР, различием в заданиях по приросту запасов, различием в ассигнованиях, в отсутствии четких представлений о напряженности планов. Разработать методику построения интересующих нас критериев можно лишь на основе опыта построения критериев для самых простейших моделей и разработки методики исследования этих критериев. По-видимому, сейчас только об этом и следует заботиться. Нет никакого смысла изобретать, как это повсеместно делается сей-

час, различные критерии оценки эффективности ПРР в расчете на удачу. При разработке нужной методики следует, видимо, первоначально разрабатывать приемы построения отдельных показателей вещественной и информационной ценности и трудности получения результатов, потерь и излишних затрат ПРР. Видимо, при планах одинаковой и малой напряженности можно следовать изложенной здесь схеме построения этих показателей. После построения общих параметрических критериев оценки эффективности ПРР можно пытаться ставить задачу на определение параметров с учетом внешних условий проведения этих работ и возможностей использования их результатов.

## П р и л о ж е н и е

### О РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ И ВИДАХ СХЕМ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

И с х о д н ы е   п о н я т и я :   С х е м а   п о и с к о в   и   р а з -  
в е д к и   (С П И Р).   О б ъ е к т ы   п о и с к о в  
и   р а з в е д к и   (о с н о в н ы е ,   в с п о м о -  
г а т е л ь н ы е)   (О П И Р).   П р о п у с к и  
(П).   Л и ш н и е   з а т р а т ы   (ЛЗ).   Ц е -  
н а   л и ш н и х   з а т р а т   ( $c_{ЛЗ}$ ).   Ц е н а  
п р о п у с к о в   ( $c_{П}$ ).   Р и с к   (Р)   К р и -  
т е р и и   о п т и м а л ь н о с т и   ( $K_0$ ).

- О п р . 1. С П И Р   н а з ы в а е т с я   п р я м о й ,   е с л и   о н а   в   л ю б о м   О П И Р  
н е   д а е т   П .
- О п р . 2. П р я м а я   С П И Р   н а з ы в а е т с я   о п т и м а л ь н о й ,   е с л и  
о н а   в   л ю б о м   О П И Р   н е   с в я з а н а   с   ЛЗ .
- О п р . 3. С П И Р   н а з ы в а е т с я   к о с в е н н о й ,   е с л и   о н а   х о т я  
б ы   в   н е к о т о р ы х   О П И Р   с в я з а н а   с   П . и   Р .
- О п р . 4. К о с в е н н а я   С П И Р   н а з ы в а е т с я   э к о н о м и ч н о й ,  
е с л и   о н а   в о   в с е х   О П И Р   н е   с в я з а н а   с   ЛЗ .
- О п р . 5. К а ж д а я   к о с в е н н а я   С П И Р   и м е е т   с в о ю   о д н у   б а з о в у ю   п р я -  
м у ю   С П И Р .   Е с л и   б а з о в а я   з а д а н а   я в н о ,   т о   с в я з а н н а я   с  
н е й   к о с в е н н а я   н а з ы в а е т с я   я в н о й ,   в   п р о т и в н о м  
с л у ч а е   -   н е я в н о й .

С л е д с т в и е и з о п р . 5 . Построение явной косвенной СПИР должно начинаться с построения отвечающей ей базовой прямой СПИР.

О п р . 6 . Одной и той же прямой СПИР может отвечать несколько косвенных СПИР, для которых она является базовой. Две косвенные СПИР называются с о п о с т а в и м ы м и между собой, если они имеют одну и ту же базовую прямую СПИР.

О п р . 7 . Если косвенная СПИР имеет явно сформулированный  $K_0$ , то она называется я с н о й, в противном случае - н е я с н о й.

С л е д с т в и е и з о п р . 5 и 7 . Если косвенная СПИР является неявной, то она является и неясной.

О п р . 8 . Если ясная косвенная СПИР имеет такой  $K_0$ , что  $K_0 = f(c_{лз})$ , то она относится к п е р в о м у роду, если  $K_0 = f(c_{п})$ , то - к о в т о р о м у роду, если  $K_0 = f(c_{лз}, c_{п})$ , то - к т р е т ь е м у роду.

С л е д с т в и е и з о п р . 8 . Если в косвенной СПИР не предусмотрен контроль за  $\Pi$ , то она относится к п е р в о м у роду.

О п р . 9 . Если ясная косвенная СПИР третьего рода имеет такой  $K_0$ , который зависит от параметров, учитывающих относительное влияние  $c_{лз}$  и  $c_{п}$ , то она называется п а р а м е т р и ч е с к о й, в противном случае - н е п а р а м е т р и ч е с к о й.

О П Р . 10 . Если, в целях экономии, косвенная СПИР опирается на частичную замену точных прямых измерений грубыми прямыми, то она называется п р о с т о й, если же используется частичная замена точных прямых точными косвенными, то она называется сложной если используется и то и другое, то - усложненной.

С л е д с т в и е и з о п р . 4 и 10 . Простая косвенная СПИР может быть экономичной.

О п р . 11 . Если косвенная СПИР, в целях экономии, опирается на использование п вспомогательная СПИР, то она

называется  $n$ -стадийной.

- О п р .12. Если косвенной  $n$ -стадийной СПИР используются только отношения вложения между ОПИР, то она относится к п е р в о м у виду, если используются отношения соседства, то - ко-второму виду, если используются и отношения вложения, и отношения соседства, то - к третьему виду.

#### Л и т е р а т у р а

1. ВОРОНИН Ю.А. О необходимых критериях для управления поисками полезных ископаемых. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
2. ВОРОНИН Ю.А. Совершенствование методологических, теоретических и организационных основ поисков и разведки полезных ископаемых в связи с применением математических методов и ЭВМ. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1976.
3. ВОРОНИН Ю.А., БУДЯНСКИЙ Ю.А. Об оценке состояния и перспективах развития поисково-разведочной геофизики. Приложение. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
4. ВОРОНИН Ю.А. О постановке задачи оценки месторождений. Настоящий сборник.
5. ВОРОНИН Ю.А., КУРБАНАЕВ Р.М. Схема анализа геологоразведочных работ. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.

А.Р.Сушон

СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В  
КРУПНЕЙШИХ КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ И  
СССР, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТО-  
ДОВ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПОИС-  
КОВ И РАЗВЕДКИ

Геологические исследования во всех странах мира осуществляются последовательно, переходом от общих региональных ко все более детальным работам, концентрирующимся на перспективных для выявления полезных ископаемых площадях, и завершаются изучением (разведкой) обнаруженных месторождений. Именно наличие такой последовательности позволяет расчленять геологоразведочный процесс на отдельные стадии.

В отличие от Советского Союза, в капиталистических странах нет какой-либо официально установленной регламентации стадийности геологоразведочного процесса. Тем не менее, на основании изучения публикаций зарубежных специалистов и анализа доступных материалов, характеризующих разведку конкретных месторождений или поисково-разведочную деятельность отдельных компаний, представляется возможным выделить стадии исследований, на которые практически разбивается геологоразведочный процесс в этих странах.

Приводимая ниже характеристика последовательности геолого-разведочного процесса основана на материалах геологических организаций Канады, США и Австралии.

Примерно такая же последовательность работ характерна для геологических исследований, проводимых геологами Франции, Великобритании, ФРГ и Японии, в странах Африки, Азии и Латинской Америки. Непосредственно же на территории самих этих крупных капиталистических государств, в связи с высокой степенью их геологической изученности, необходимость в проведении мелко- и среднемасштабных геологосъемочных работ отпала (так, в Великобритании государственная геологическая съемка осуществляется в настоящее время в масштабе 1:10560, во Франции— 1:50 000 и т.п.).

При крупномасштабных исследованиях как последовательность работ, так и комплекс применяемых поисковых геологических, геофизических и геохимических методов близки для всех без исключения промышленно развитых капиталистических стран и имеют лишь несущественные различия.

Стадии работ различаются между собой как по задачам, так и по степени детальности исследований и могут быть подразделены, по терминологии канадских исследователей, на работы регионального плана и поисково-оценочные работы.

В работах регионального плана можно выделить две подстадии регионального геологического картирования в масштабе 1:250 000 и геологической съемки в масштабе 1:63 360 в комплексе с рекогносцировочными поисками.

Региональное геологическое картирование в масштабе 1:250 000 (точнее — 1:253 440, т.е. 4 мили в дюйме) и мельче проводят, как правило, государственные геологические организации. Часто последние ведут также геологосъемочные работы масштаба 1:63 360 (1 мили в дюйме) или 1:62 500 с рекогносцировочными поисками, аэрогеофизической съемкой и геохимическими исследованиями.

Частные промышленные компании, как правило, начинают осуществление своих разведочных программ с изучения составленного государственными геологическими ведомствами картографического материала, имеющейся литературы, интерпретации существующих материалов фотогеологических съемок и с рекогносцировочных по-

исков масштаба 1:63 360 и крупнее, также сопровождаемых составлением геологической карты.

В отдельных случаях промышленные компании, при организации поисков на мало изученных площадях (например, на территории развивающихся стран, в северных районах Канады, в Австралии и даже отдельных районах США), принимают на себя часть работ по среднемасштабной региональной съемке.

Рекогносцировочные поиски, сменяющие региональное геологическое картирование, с одной стороны, являются завершающей подстадией стадии региональных работ (обычно при геологической съемке, осуществляемой государственными организациями), а с другой, — в тех случаях, когда исследования проводятся на уже геологически закартированной территории — рекогносцировочные поиски органически вписываются в следующую стадию (стадию поисковых и оценочных работ), что наиболее характерно для исследований, проводимых промышленными компаниями. В этом плане рекогносцировочные поиски можно рассматривать как начальную подстадию (подстадию I) стадии поисково-оценочных работ.

Сравнивая последовательность геологических исследований регионального плана у нас и за рубежом (в частности, в США, Канаде и Австралии), можно отметить следующее.

Стадия региональных работ с подстадиями региональной геологической съемки масштаба 1:250 000 и геологосъемочных работ с рекогносцировочными поисками масштаба 1:63360 (1:625000), которые можно выделить в указанных странах, сопоставима со стадией региональных геолого-геофизических работ в СССР как по своим задачам, так и по масштабам исследований (которые в нашей стране составляют, как правило, 1:200 000 и 1:50 000, с укрупнением только при особо сложном геологическом строении района).

При этом следует отметить различие между подстадией геологической съемки масштаба 1:50 000 в СССР и подстадией геологосъемочных работ с рекогносцировочными поисками за рубежом. Если эти работы проводятся государственными геологическими ведомствами, то они по своим задачам почти полностью аналогичны работам, осуществляемым в ходе указанной подстадии в нашей стране (хотя и могут отличаться несколько меньшей детальностью исследований). При осуществлении работ рассматриваемой под-

стадии за рубежом промышленными компаниями, основное значение приобретают собственно поиски, а картирование ведется сугобо схематично, независимо от того, имеется ли для изучаемого района государственная карта м-ба 1:63360, или на его территории проводились только мелкомасштабные геологические исследования.

Хотя, как указывалось выше, в подобных случаях эти работы правильнее рассматривать не как завершающую подстадию стадии региональных исследований, а как первую подстадию следующей, поисково-оценочной стадии, это не дает оснований отождествлять рассматриваемые работы с исследованиями следующей, поисковой стадии в нашей стране — зарубежные рекогносцировочные поиски в любом случае должны параллелизоваться с поисковыми работами, сопровождающими в нашей стране геологическую съемку м-ба 1:50 000, проводимыми соответственно на стадии региональных геолого-геофизических работ.

По нашей классификации в состав работ региональной стадии входит также подстадия геологического картирования, определение зарубежного аналога которой представляется весьма затруднительным, поскольку хотя такие работы и ведутся за рубежом, но они не имеют такого же систематического характера, как в нашей стране, осуществляются спорадически по мере необходимости, и их место в общем ходе геологоразведочного процесса обычно не оговаривается.

В результате проведения рекогносцировочных поисков (т.е. подстадии I стадии поисково-оценочных работ) на исследованной территории выделяются для дальнейшего изучения, как правило, несколько перспективных районов площадью в среднем 50-80-100 кв. км.

В задачу подстадии II — крупномасштабных поисков — входит геологическое картирование в масштабах 1:31 680 — 1:12 000 (1/2 мили в дюйме — 100 футов в дюйме), прослеживание выявленных при рекогносцировочных поисках зон минерализации, проверка и отработка геофизических и геохимических аномалий и выделение перспективных участков, заслуживающих дальнейшей оценки.

Эти задачи выполняются с помощью маршрутных поисков (а нередко и аэрофотогеологической детальной съемки), наземных геофизических работ и более детальных, обычно площадных, геохимических исследований. Нередко одновременно осуществляется

и крупномасштабная аэрогеофизическая съемка.

Объемы буровых работ при крупномасштабных поисках определяются сложностью геологического строения района. Широкое внедрение геофизических и геохимических методов позволило почти полностью отказаться от картировочного бурения и ограничиться проходкой единичных поисковых скважин. Однако в закрытых районах, несмотря на то, что современные методы исследования позволили существенно сократить потребность в бурении, оно еще ведется в значительных объемах.

Отдельная поисковая партия, осуществляющая работы этой стадии, обеспечивает, как правило, изучение в течение сезона нескольких районов.

В результате проведения крупномасштабных поисков в районах должны быть оконтурены зоны и аномалии, установлен их характер, произведена отбраковка тех из них, которые явно не имеют промышленных перспектив и выделены конкретные участки с рудопроявлениями заслуживающими дальнейшего изучения. Это позволяет сопоставлять крупномасштабные поиски с установленными у нас двумя подстадиями поисков — общими поисками и детальными поисками.

К подстадии III стадии поисково-оценочных работ (оценочной подстадии) относятся более детальные работы, имеющие своей целью промышленную оценку выявленных рудопроявлений. При проведении этих работ используются те же методы, что и на предыдущей подстадии — геологическое картирование, но в более крупном масштабе: от 1:12 000 до 1:4800 — 1:1200 (от 1000 футов в дюйме до 400-100 футов в дюйме), геофизические и геохимические исследования, однако, основную роль приобретают буровые работы и проходка поверхностных разведочных выработок (канав, траншей и шурфов) для определения масштабов и качества руд месторождения, а также горнотехнических условий его эксплуатации. Подземные горные выработки (разведочные шахты и штольни) проходятся на этой стадии лишь в отдельных случаях.

Подстадия III поисково-оценочной стадии в капиталистических странах по комплексу и детальности проводимых работ соответствует, в нашем понимании, исследованиям, включающим как поисково-оценочные работы поисковой стадии, так и предварительную разведку.

Конечной целью этой подстадии является определение промышленной значимости изучаемого месторождения, т.е. та же задача, которая в нашей стране ставится перед предварительной разведкой.

Следует иметь в виду, что предварительная экономическая оценка выявленного месторождения или перспективного рудопроявления нередко производится за рубежом и по результатам подстадии крупномасштабных поисковых работ. Однако публикуемые на основании такой оценки прогнозы о масштабах месторождения, содержании полезных компонентов в его рудах, возможных будущих прибылях от его эксплуатации и т.д., являются мало достоверными. Очень часто они имеют конъюнктурный характер и направлены обычно на создание у акционеров той или иной компании благоприятного впечатления о ее финансовой деятельности.

Оценка же, выполненная по результатам оценочной подстадии (подстадии III) в целом, хотя также еще приближенная, является достаточно надежной и на ее основе принимается решение об освоении месторождения или, во всяком случае, о детальном его изучении с применением значительных объемов дорогостоящих разведочных работ.

Черезвычайно важной характерной особенностью геологоразведочного процесса в капиталистических странах является ограничение сферы компетенции собственно геологоразведочных организаций рассматриваемой подстадии оценочных работ.

Если работы поисково-оценочной стадии (подстадий I-III) проводились не горнодобывающей, а специализированной разведочной компанией (или проспекторской фирмой), то после завершения этих работ и экономической оценки месторождения, последнее приобретает компания, которая будет вести его разработку. Дальнейшее же более детальное изучение месторождения, которое в Советском Союзе входит в обязанности геологоразведочных организаций, в капиталистических странах выходит за рамки собственно геологоразведочного процесса и осуществляется добывающими компаниями.

В то время, как у нас детальная разведка месторождения является необходимой предпосылкой для начала проектных работ и последующей передачи его в промышленное освоение добывающим ведомствам, в капиталистических странах детальная разведка проводится добывающими компаниями в ходе проектирования горно-

го предприятия, а нередко и в сочетании с его строительством.

До последнего десятилетия совмещение детальных разведочных работ с проходкой подготовительных выработок и строительством предприятия являлось обычным приемом ускорения ввода месторождения в эксплуатацию, несмотря на связанный с этим производственный риск.

Предприниматели считают, что этот риск вполне компенсируется выигрышем 2-3 (а то и более) лет, на которые пришлось бы отложить начало добычи при осуществлении подготовительных операций и строительства предприятия только после завершения детальных разведочных работ.

Весьма широко практиковавшееся полное совмещение детального изучения месторождения и работ по его освоению и строительству добывающего предприятия характеризуется допустимым, с точки зрения предпринимателя, риском только в случае относительно богатых месторождений, промышленную значимость которых можно оценить на рассмотренной выше подстанции оценочных работ достаточно уверенно, и в первую очередь, таких месторождений, освоение которых требует умеренных капиталовложений.

Ускоренное вовлечение в промышленную эксплуатацию месторождений с бедными рудами, рентабельная отработка которых возможна лишь при весьма крупных масштабах добывающих предприятий, и вытекающий отсюда резкий рост капиталовложений, необходимый для их строительства, до десятков и даже сотен миллионов долларов, привел (особенно начиная со второй половины 60-х годов) к пересмотру организации разведочных работ на завершающих стадиях изучения месторождения.

В настоящее время типичным после завершения поисково-оценочных работ на месторождении становится осуществление целого цикла разделенных во времени мероприятий, промежутки между которыми могут составлять от нескольких месяцев до нескольких лет.

Однако во всех случаях разведочные работы ведутся с учетом эксплуатационных целей. Например, разведочные выработки используются для попутной добычи руды в объемах, необходимых для исследования ее вещественного состава и технологических свойств, эти выработки проходятся полным эксплуатационным сечением. Все это служит целям сокращения срока освоения место-

рождений и необходимых для этого затрат.

Таким образом, как можно видеть из приведенного описания геологоразведочного процесса в капиталистических странах, характер его начальных стадий не имеет существенных отличий от характера аналогичных исследований в СССР (несмотря на то, что за рубежом работы, входящие в нашей стране в функции единой геологоразведочной отрасли, организационно разобщены между государственными геологическими службами и промышленными компаниями). На заключительных же стадиях этого процесса имеющиеся организационные особенности влекут за собой некоторые принципиальные различия.

Так, на основании результатов поисково-оценочной стадии (завершающейся работами, сопоставимыми с предварительной разведкой в нашей стране) производится экономическая оценка месторождения и передача (или продажа) его (в случае, если поисково-оценочные работы производились специализированной геологоразведочной организацией) той добывающей компании, которая собирается осуществлять эксплуатацию месторождения. При этом основой для оценки, как правило, являются выявленные на нем запасы, квалифицируемые по классификации Горного бюро и Геологической службы США только как "вероятные" и "возможные", т.е. примерно отвечающие категориям  $C_1+C_2$  и "прогнозным запасам I группы" по классификации, принятой в нашей стране.

Такой подход в корне отличается от существующего в Советском Союзе порядка передачи месторождений большинства промышленных типов добывающим ведомствам только после завершения детальной разведки и доведения части запасов до высоких категорий.

Дальнейшее изучение месторождения в капиталистических странах осуществляется добывающей компанией, причем наиболее существенное отличие детальных разведочных работ от аналогичных работ, проводимых в нашей стране, заключается в том, что за рубежом в большинстве случаев детальная разведка совмещается с горноподготовительными операциями, а иногда и со строительством предприятия, в то время как в нашей стране любые работы по освоению месторождения, могут быть, в соответствии с имеющимися положениями, начаты только после окончания его разведки.

В капиталистических странах изучение месторождений как при

оценочных работах, так и в течение эксплуатационного периода, часто ограничивается выявлением минимально допустимого, с точки зрения компаний, количества общих запасов, обеспечивающих будущее предприятие на амортизационный срок, т.е. примерно на 15 лет, а иногда всего 5-10 лет, если считается, что разработка при этом будет прибыльна.

Количество запасов, разведанных в предэксплуатационный период (при детальной разведке месторождения), до относительно высоких категорий, как правило, не превышает трех-четырёхкратной средней годовой производительности будущего рудника или (на месторождениях, промышленное освоение которых требует весьма значительных капиталовложений) объема, обеспечивающего эксплуатацию первой очереди предприятия.

Такая практика отличается от действующих в настоящее время в нашей стране требований, в соответствии с которыми, например, для большинства подотраслей цветной металлургии обеспеченность добывающих предприятий разведанными запасами промышленных категорий должна составлять 20-40 лет.

Методические приемы проведения поисковых и разведочных работ в капиталистических странах и в СССР близки между собой, если не считать различий в аппаратурном оформлении и комплексировании поисковых методов.

В то же время в зарубежной геологической и экономической литературе неоднократно указывалось, что улучшение существующей методики исследований (геологических, геофизических, геохимических методов, методов лабораторных исследований и т.д.) не способно кардинально решить проблему резкого увеличения экономической эффективности геологоразведочных работ, которое может быть достигнуто только с помощью разработки так называемой "новой стратегии" поисков и разведки, причем под последней понимается внедрение математических методов в планирование разведочных и, главным образом, поисковых работ.

С этим положением вряд ли можно согласиться. Фетишизация одних направлений, в частности, математических методов, неизбежно приводит к умалению роли других. Практика же показывает, что совершенствование существующих методов, особенно геохимических и геофизических, рациональное их комплексирование, разработка новой аппаратуры, а также появление принципиально

новых методов, например таких, как аэрокосмические, — все это влияет на повышение эффективности поисковых и разведочных работ.

Тем не менее несомненно, что применение математических методов в планировании и организации поисково-разведочного процесса может принести существенный эффект.

Например, использование многомерных статистических методов, учитывающих геологические особенности распределения месторождений для оценки прогнозных запасов в том или ином районе и вероятности их наличия, является теоретически обоснованным и не противоречащим применяемым во всех странах, в том числе и у нас, сложившимся принципам геологического прогнозирования, в связи с чем указанные методы многомерной статистики заслуживают внедрения и в практику наших геологических организаций.

Однако конечным результатом проводимой за рубежом указанной обработки геологических и экономических данных на ЭВМ, является ранжирование всех районов подлежащей изучению площади по убывающей величине показателя, вычисленного путем умножения ожидаемой ценности прогнозных запасов в данном районе (или ожидаемой прибыли от их использования) на вероятность их наличия. Районы, характеризующиеся наиболее высокими значениями этого показателя, и считаются самыми перспективными для постановки поисковых работ.

Представляется, что подобный критерий для выбора перспективных районов не свободен от недостатков, которые необходимо устранить, используя в нашей стране с этой целью многомерные статистические методы.

При вычислении показателя, на основе которого выбираются наиболее перспективные для поисков районы, ценность ожидаемых запасов (или их объем) имеют неизмеримо больший удельный вес, чем вероятность наличия этих запасов в данном районе.

Представляется, что в нашей стране наиболее рациональный подход к выбору перспективных районов для постановки поисковых работ должен основываться на придании равной степени влияния обоим показателям — как ожидаемой ценности прогнозных запасов, так и вероятности их наличия, что может быть достигнуто путем соответствующих оптимизационных расчетов

В капиталистических странах математические методы исполь-

зуются не только для планирования поисков, но и для оптимизации собственно разведочных работ. Разработанные для этой цели так называемые "динамические разведочные модели" основываются на многократной экономической оценке разведываемых месторождений, в зависимости от результатов которой принимается решение о продолжении или прекращении разведочных работ, т.е. на тех же принципах, которые используются с этой целью и в нашей стране.

Как правило, оценочные расчеты осуществляются на ЭВМ.

ВОРОНИН Ю.А.

#### ОБ АНАЛИЗЕ ОПЫТА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

I. Для построения теории поисков полезных ископаемых большое значение имеет анализ опыта геологоразведочных работ в конкретных регионах и странах. Видимо, такой анализ возможно эффективно провести только на основе заранее разработанных и исследованных формальных схем и критериев. По нашему мнению работа по анализу опыта геологоразведочных работ в конкретных регионах и странах должна вестись в три этапа:

во-первых, сбор сведений и данных, их предварительная обработка, описание и содержательный анализ;

во-вторых, построение и исследование формальных схем и критериев анализа;

в-третьих, дополнительный сбор сведений и данных, проведение ревизионных работ, проведение формального анализа.

Отмечалось, в частности в [1], что без такого анализа, видимо, затруднительно управление геологоразведочным процессом

на основе использования ЭВМ.

2. Нельзя сказать, что анализу опыта геологоразведочных работ в конкретных регионах СССР не уделяется должного внимания. Однако, до сих пор приходится сталкиваться только с работами, связанными с первым этапом. Одной из лучших таких работ является, на наш взгляд, [5]. Нельзя не отметить и [6]. Работ, связанных со вторым этапом, если не считать [2], до сих пор нет. Нет и работ, отвечающих третьему, самому основному этапу.

3. Анализу опыта геологоразведочных работ в конкретных странах, в частности, в развитых капиталистических странах, сейчас, видимо, уделяется недостаточное внимание. Имеется лишь незначительное число работ, связанных с первым этапом, как правило, опирающихся на не очень ясные вторичные данные и сведения. Лучшими из таких работ являются, видимо, [4,7-9].

Имеются две причины, которые препятствуют развертыванию и появлению работ по анализу геологоразведочного процесса в развитых капиталистических странах:

во-первых, трудности получения достаточно полных и достоверных сведений и данных;

во-вторых, широко распространенное мнение, по-видимому, ошибочное, о том, что разница в политико-социальных условиях порождает такое различие в проведении геологоразведочных работ, что интерес могут представлять лишь отдельные технические и технологические моменты, связанные с геологоразведочным процессом.

4. В связи с [4,7-9] и некоторыми нашими исследованиями по анализу геологоразведочных работ в Австралии имеет смысл сделать несколько замечаний.

5. Геологоразведочные работы во всех развитых капиталистических странах проводятся по одной и той же схеме, весьма значительно отличающейся от нашей схемы проведения геологоразведочных работ, прежде всего, в организационном плане [1].

6. Можно считать, что в этих странах геологоразведочные работы, в нашем понимании, ведутся государственными организациями, а также частными проспекторскими фирмами, добывающими и специализированными фирмами. Эти предприятия ведут геологоразведочные работы, которые резко различаются по целям и содержа-

нию, по схемам и критериям эффективности. Видимо, следует считать, что единый процесс освоения минеральных ресурсов в развитых капиталистических странах организационно разорван на три перекрывающиеся части:

региональные исследования и рекогносцировочные поиски (государственные организации);

рекогносцировочные поиски, оценки и разведка (проспекторские фирмы);

оценка, разведка и эксплуатация (добывающие компании).

Упомянутые предприятия при проведении геологоразведочных работ широко используют контракты со специализированными фирмами (буровые, геофизические, геохимические, ремонтные и снабженческие, консультативные).

У нас единый процесс освоения минеральных ресурсов организационно разорван на две неперекрывающиеся части: региональные исследования, поиски и разведка (предприятия МинГео СССР), эксплуатация (предприятия добывающих отраслей)\*.

Взаимодействие организационных частей в развитых капиталистических странах основано на формально ясных отношениях "производитель-потребитель".

У нас же взаимодействие этих частей основано на формально не очень ясных отношениях "максимального удовлетворения нужд народного хозяйства" с помощью ГКЗ (что лишь в очень малой степени формально уясняет характер взаимодействия).

Видимо, организационный разрыв единого процесса освоения минеральных ресурсов, вообще говоря, нежелателен. Если же он имеет место, то он, вероятно, должен быть перекрытием и основываться на формально ясных взаимодействиях частей, эти части должны представлять собой систему [1].

7. По-видимому, анализ опыта геологоразведочных работ в развитых капиталистических странах на первом этапе следует вести так: вначале анализировать опыт работы отдельных организационных частей (государственные организации, проспекторские фирмы, добывающие компании и специализированные фирмы), затем анализировать взаимодействие этих частей (вероятно, именно это составляет главную трудность и представляет наибольший интерес) и, наконец, анализировать тенденции дальнейшего развития этих работ.

---

\* В практике, как известно, и у нас имеются перекрытия.

8. Можно считать, что геологоразведочные работы государственных организаций в интересующих нас странах регламентированы схемами и инструкциями столь же жестко как и у нас. О характере проводимых ими исследований можно судить по [4,7-9]. Представляется, что сейчас эти организации в некоторой степени заняты и выполнением геологоразведочных работ самого разного характера по контрактам. Возможности заключения контрактов во многом зависят от технической и технологической вооруженности этих организаций. Их деятельность, как можно думать, все больше освобождается от территориальной привязки и привязки по виду полезных ископаемых, по виду геологоразведочных работ. Области поиска, в смысле [I], для них могут выступать произвольные территории, а объектами поисков, в смысле [I], могут выступать районы или участки, перспективные на любой вид полезного ископаемого. При этом перспективность районов или участков для них, естественно, не зависит от необходимых дальнейших ассигнований.

9. Можно думать, что геологоразведочные работы проспекторских фирм в упомянутых странах регламентированы лишь имеющимися ассигнованиями, конъюнктурой, требованиями добывающих компаний и возможностями специализированных фирм. О характере тех исследований, которые они проводят, можно тоже судить по [4,7-9]. Результаты их деятельности, их ценность, зависят не только от технической и технологической вооруженности, но и от искусства выбора района или участка, выбора средств и методов геологоразведочных работ, от искусства интерпретации и подачи этих результатов, профессионального престижа фирмы. Объектами поиска для них являются перспективные районы или участки. При этом перспективность районов и участков для них существенно зависит от необходимых ассигнований. Объектами поиска для них служат месторождения полезных ископаемых определенного вида. Их деятельность, как можно думать, все больше освобождается от привязки по районам или участкам, по видам геологоразведочных работ и все более замыкается на конкретные типы и виды месторождения. Для них перспективность месторождений, видимо, не зависит от необходимых дальнейших ассигнований. Большую роль играют контракты с добывающими компаниями.

10. Можно полагать, что геологоразведочные работы добывающих компаний в развитых капиталистических странах пока регламентированы лишь имеющимися ассигнованиями и конъюнктурой. О характере проводимых исследований тоже можно судить по [4,7-9]. Результаты их деятельности, их ценность, зависит, прежде всего, от технической и технологической вооруженности, а также от искусства выбора месторождений, средств, методов и схем эксплуатации. Поскольку они проводят геологоразведочные работы сами для себя, они не рассматривают их изолированно. Их геологоразведочная деятельность, как можно думать, все больше освобождается от видов геологоразведочных работ и все более замыкается на конкретные схемы эксплуатации отдельных месторождений полезных ископаемых определенного вида.

11. Специализированные фирмы выполняют геологоразведочные работы, в основном, измерительного плана. Основой их являются контракты. Возможность заключения контрактов зависит от их технической и технологической вооруженности, организационной мобильности. Именно эти фирмы играют основную роль в развитии техники и технологии и организации специализированных геологоразведочных работ. Их результаты, ценность этих результатов, зависят лишь от качества и экономичности проводимых работ. Видимо, этим объясняется значительно более интенсивное, чем у нас развитие технических, технологических и организационных элементов в производстве геофизических, геохимических и буровых работ. (Во всяком случае более интенсивное, чем развитие теоретических и математических исследований при поисках и разведке ископаемых).

12. Вероятно, следует считать, что единый геологоразведочный процесс в СССР, в основном, регламентируется нормативными материалами, а в развитых капиталистических странах он, в основном, регламентируется экономическими критериями. По этой причине он более "гибок" в тактическом отношении.

Важным элементом геологоразведочного процесса в развитых капиталистических странах, на наш взгляд, является необходимость персональной раздельной ответственности за выбор районов, участков и месторождений, за выбор средств и методов геологоразведочных работ, за качество и экономичность их проведения. Это несомненно стимулирует развитие искусства, техники и техно-

логии геологоразведочных работ.

Можно думать, что в выборе районов, участков и месторождений геологоразведчики и экономисты играют одинаковую и лишь вспомогательную, консультативную роль.

Экономические аспекты геологоразведочного процесса учитываются, пожалуй, в большей степени и более строго, чем у нас.

В настоящее время, когда минерально - сырьевые ресурсы становятся одним из важнейших политических, социальных, экономических и военных факторов, в развитых капиталистических странах идет некоторая перестройка геологоразведочного процесса. Создаются различные правительственные комиссии, вводятся различные нормативные положения, регламентирующие деятельность, прежде всего, добывающих компаний, направленных, прежде всего, на создание стратегических запасов минерального сырья [4]. Эта перестройка нуждается в тщательном изучении.

#### Л и т е р а т у р а

1. ВОРОНИН Ю.А. Совершенствование методологических, теоретических и организационных основ поисков и разведки полезных ископаемых в связи с применением математических методов и ЭВМ. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
2. ВОРОНИН Ю.А. КУРБАНАЕВ М.С. Схема анализа геологоразведочных работ. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
3. ВОРОНИН Ю.А. О необходимых критериях для управления поисками полезных ископаемых. Препринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1977.
4. КАГАНОВИЧ С.Я. Экономика минерального сырья, М., "Недра", 1975.
5. ЛЕЙБСОН М.Г., ПЕШТИЧ Е.Л. Геологоразведочные работы на нефть и газ в СССР (анализ результатов и оценка эффективности). МинГео СССР ВИЭМС серия У, 1974.
6. ОГНЕВ И.А. "Постижение открытия", ЭКО, 1976, № 3 и 4.
7. СУШОН А.Р. Стадийность геологоразведочных работ в крупнейших капиталистических странах и в СССР, использование математических методов для планирования и опти-

мизации поисков и разведки. Препринт ВЦ СО АН СССР,  
Новосибирск, 1977.

8.СУШОН А.Р. Организация геологоразведочных работ в США. М.,  
ОНТИ ВИЭМС, 1967.

9.СУШОН А.Р. Организация геологоразведочных работ в Канаде.М.,  
ОНТИ ВИЭМС, 1968.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
И ЭВМ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Сборник научных трудов

Под редакцией Ю.А.Воронина

Ответственный за выпуск Н.Г.Горелова  
Технический редактор В.С.Сергеев  
Художник-оформитель И.Г.Бархатова

---

Подписано в печать 15/X11 - 1977 г. МН18007  
Формат бумаги 60x90 1/16 Объем 9,9 п.л. Уч.-изд.л.10,1  
Тираж 500 экз. Заказ № 304 Цена 70 коп.

---

Ротапринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск 90

Цена 70 коп.

2291