УДК 553.27:528.33:681.3

**А.В.КОЗЛОВ, И.В.АПУХТИНА**
*Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)*

# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БОГАТЫХ РУД ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Яковлевское месторождение является типичным для КМА месторождением богатых руд. Компьютерное моделирование месторождения позволило наиболее полно отразить существующие в природе неоднородности в строении рудных тел. Моделирование осуществлялось с использованием программного комплекса Micromine. Сформулированы рекомендации по использованию компьютерных технологий при проведении опережающей эксплуатационной разведки.

Yacovlevscoe the deposit is typical for KMA a deposit of rich ores. The executed computer modelling of a deposit has allowed to reflect most full existing in the nature of heterogeneity in a structure ore ph. Modelling was carried out with use of program complex Micromine. Recommendations on use of computer technologies are formulated at carrying out of advancing operational investigation.

Яковлевское месторождение является типичным для КМА месторождением богатых руд, связанных с корой выветривания железистых кварцитов, их размещение на глубине свыше 500 м определяет существенную специфику освоения этого объекта. Большая глубина залегания руд, сложные горно-технические и гидро-геологические условия месторождения значительно удорожают отработку руд, что предопределяет необходимость точной оценки качественных и количественных показателей оруденения для выбора оптимальных кондиций, минимизирующих потери руд в недрах при обеспечении рентабельности их отработки.

Компьютерное моделирование месторождения позволяет с использованием статистических и геостатистических методов более точно отразить пространственные закономерности распределения широкого комплекса параметров оруденения и с их учетом построить блочную модель, которая при принятой геометрии и плотности разведочной сети наиболее полно отражает существующие в природе неоднородности в строении рудных тел. Подсчет запасов на основе блочной модели позволяет с большей точностью провести их оценку с учетом разнообразных показателей, влияющих на подсчет запасов. Особенно важно, что использование блочного моделирования дает возможность оценивать запасы отдельно для различных типов и промышленных сортов руд не статистическим методом, а на основе их геометризации с учетом всего комплекса оценочных параметров: содержания основного компонента и вредных примесей, прочностных, технологических характеристик и др., если они были определены в процессе разведки.

Преимущества использования компьютерного моделирования над традиционными методами подсчета запасов подтверждены мировой практикой и не вызывают сомнений. Однако эффективное использование этих технологий возможно только при соблюдении определенных требований к геолого-разведочным данным: обязательной унификации оцениваемых на различных стадиях геолого-разведочных работ параметров оруденения, тщательной проверки базы геолого-разведочных данных, четкого представления о геологическом строении месторождения.

Яковлевское месторождение – яркий пример рудного объекта, разведка которого

проводилась в несколько периодов, разделенных значительным промежутком времени (50-е годы XX века – начало XXI века). Пятидесятилетний разрыв между началом проведения геолого-разведочных работ на месторождении и началом его отработки, который захватил и годы перестройки экономики страны, весьма негативно отразился на сохранности геологической информации, системности геологических исследований, преемственности методики геолого-разведочных работ. Опыт компьютерного моделирования этого месторождения дает возможность проанализировать методику его разведки и дать рекомендации по ее оптимизации при дальнейшем развитии работ.

Компьютерное моделирование с использованием современных горно-геологических информационных систем (рассматриваемое в настоящей работе моделирование осуществлялось с использованием программного комплекса Micromine) предполагает набор формальных процедур, но не сводится только к ним. Необходимым условием его успешного применения является знание структуры месторождения и генезиса оруденения. С другой стороны, использование при компьютерном моделировании статистических и геостатистических методов анализа геолого-разведочных данных позволяет выявлять более тонкие геолого-генетические закономерности распределения оруденения, не всегда очевидные при традиционных геологических исследованиях.

Строение железорудной толщи в пределах Яковлевского месторождения достаточно простое. Выдержанный пласт железистых кварцитов средней мощностью около 400 м с общим простиранием около 320° и крутым падением (60-70°) на северо-восток прослеживается более чем на 30 км. Железистые кварциты зажаты между подрудной и надрудной толщами филлитовидных сланцев и включают в себя отдельные прослои этих пород небольшой мощности. Пласт нарушен поперечными пликативными и дизъюнктивными нарушениями незначительной амплитуды, которые принципиально не влияют на структуру месторождения.

Богатые железные руды образуют лентовидную залежь, верхняя часть которой совпадает с палеоповерхностью пород фундамента, а вниз она постепенно выклинивается. Вертикальная мощность залежи богатых руд 40-150 м.

Генезис железистых кварцитов и формирующихся по ним в корах выветривания богатых руд рассмотрен в многочисленных публикациях [1, 2, 4]. Сформулируем основные особенности богатых руд, применительно к Яковлевскому месторождению.

Среди богатых руд Яковлевского месторождения выделяются следующие природные типы:

- железно-слюдково-мартитовые и мартит-железно-слюдковые («синьки»), среди которых в качестве разновидности выделяются хлоритизированные разности;
- мартит-гидрогематитовые и гидрогетитовые («краски»);
- карбонатизированные разности двух первых типов руд;
- переотложенные руды.

Образование богатых руд различных типов связано с тремя природными процессами:

- выветриванием железистых кварцитов;
- переотложением продуктов выветривания;
- наложением на эти образования вторичной минерализации после их перекрытия палеозойскими осадками.

В результате формирования коры выветривания по железистым кварцитам и сланцам в зависимости от состава вмещающих пород формировались соответственно железно-слюдково-мартитовые и мартит-железно-слюдковые или мартит-гидрогематитовые и гидрогетитовые богатые руды. Ниже по разрезу они переходят в богатые руды с реликтами кварцитов или в кремнистые руды, обогащенные кремнеземом, вынесенным из выше расположенных горизонтов. Зональность, сформированная в связи с проявлением данного процесса, выражается в повышении содержания железа от глубинных частей коры выветривания к палеоповерхности и в возрастании в этом направле-

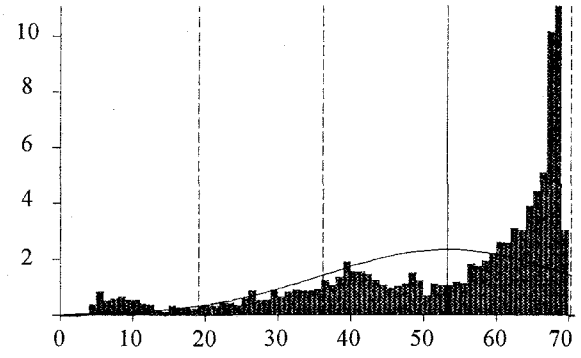



Рис.1. Гистограмма распределения содержания $Fe_{общ}$ в рудах Яковлевского месторождения

нии содержания трехвалентного железа по сравнению с двухвалентным [2].

Переотложенные руды, доля которых в запасах богатых руд незначительна, формировались в процессе денудации приповерхностных частей кор выветривания с переотложением материала в палеодепрессиях.

В процессе или после перекрытия богатых руд более поздними осадками платформенного чехла происходила их карбонатизация и хлоритизация. Эти процессы обусловили формирование наложенной на богатые руды вертикальной зональности, которая проявляется в смене по восстанию преимущественно рыхлых богатых руд хлоритизированными и карбонатизированными в существенной мере сцементированными разностями. Этот процесс приводит к снижению содержания железа в рудах и возрастанию их прочностных свойств.

Статистический анализ результатов опробования, включающий данные по содержанию железа во всех опробованных горных выработках и скважинах (рис.1), показал неоднородность имеющейся выборки. Гистограмма близка к нормальному распределению, но имеет ярко выраженную правую асимметрию. На гистограмме распределения можно выделить три самостоятельных выборки по содержанию $Fe_{общ}$: менее 36 %, от 36 до 50 % и более 50 %. Первая выборка отвечает безрудным породам и железистым кварцитам; значение с содержанием $Fe_{общ} = 50$ % можно рассматривать как границу между железистыми кварцитами и богатыми рудами. В соответствии с этим и для выполнения условия однородности выборки граничное значение содержания общего железа для построения каркасной модели было определено как 50 %.

В результате проведения регрессионного анализа данных опробования были получены значения коэффициентов корреляции для основных компонентов (табл.1), а также построены диаграммы корреляции, показывающие зависимости между значимыми компонентами, и рассчитаны уравнения регрессии данных зависимостей (рис.2-4).

В соответствии с данными табл.1 железо имеет отчетливую отрицательную корреляцию с $SiO_2$, $Al_2O_3$, MgO. Отрицательная корреляция железа с кремнеземом вполне объяснима с генетических позиций, поскольку повышение концентрации железа в

*Таблица 1*

**Матрица коэффициентов корреляции между показателями опробования Яковлевского месторождения**

| | $Fe_{общ}$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | MgO | $P_2O_5$ | S | ппп |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Fe_{общ}$ | 1 | **-0,88** | **-0,65** | -0,18 | **-0,84** | -0,02 | 0,15 | -0,31 |
| $SiO_2$ | **-0,88** | 1 | 0,31 | 0,04 | **0,66** | -0,02 | -0,17 | 0,07 |
| $Al_2O_3$ | **-0,65** | 0,31 | 1 | 0,02 | **0,94** | -0,13 | -0,09 | 0,36 |
| CaO | -0,18 | 0,04 | 0,02 | 1 | 0,04 | 0,57 | - | 0,08 |
| MgO | **-0,84** | **0,66** | **0,94** | 0,04 | 1 | -0,02 | - | 0,14 |
| $P_2O_5$ | -0,02 | -0,02 | -0,13 | 0,57 | -0,02 | 1 | 0,01 | 0,02 |
| S | 0,15 | -0,17 | -0,09 | - | - | 0,01 | 1 | -0,03 |
| ппп | -0,31 | 0,07 | 0,36 | 0,08 | 0,14 | 0,02 | -0,03 | 1 |

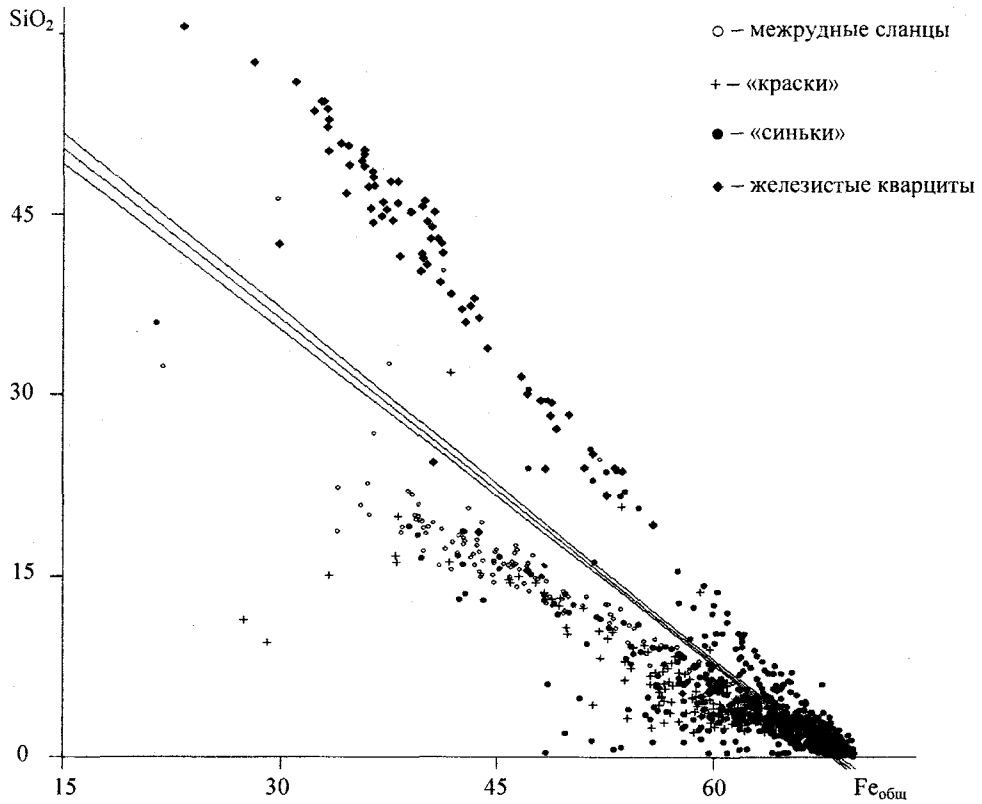



Рис.2. Диаграмма корреляции содержаний $Fe_{общ}$ и $SiO_2$

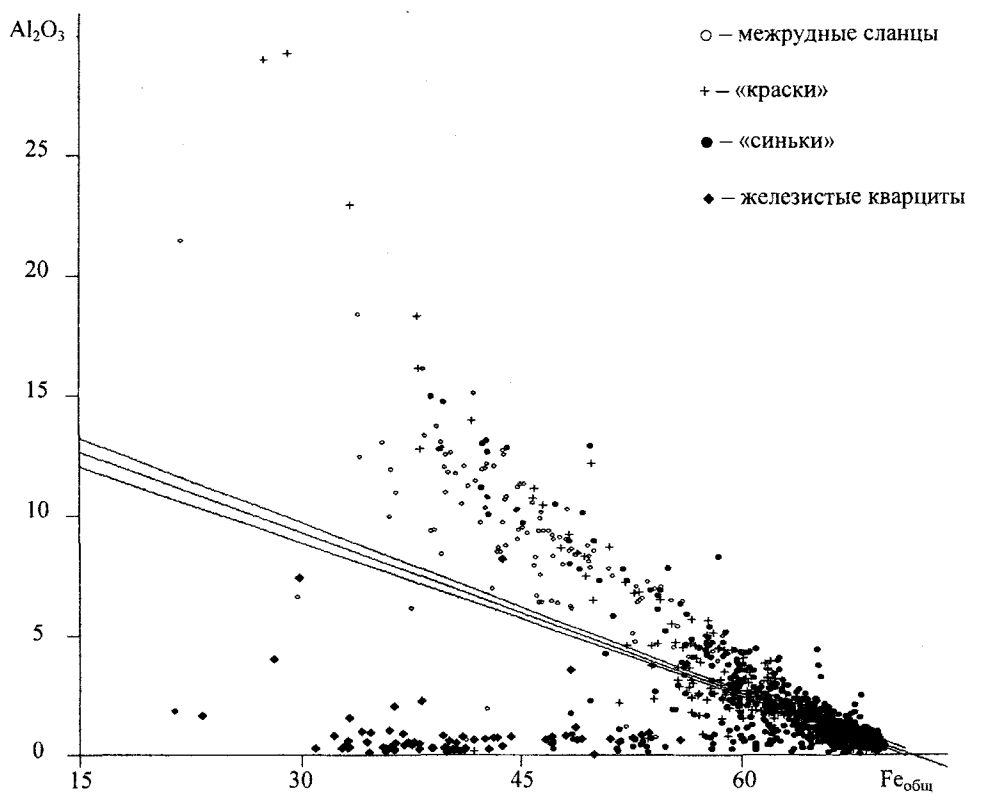



Рис.3. Диаграмма корреляции содержаний $Fe_{общ}$ и $Al_2O_3$

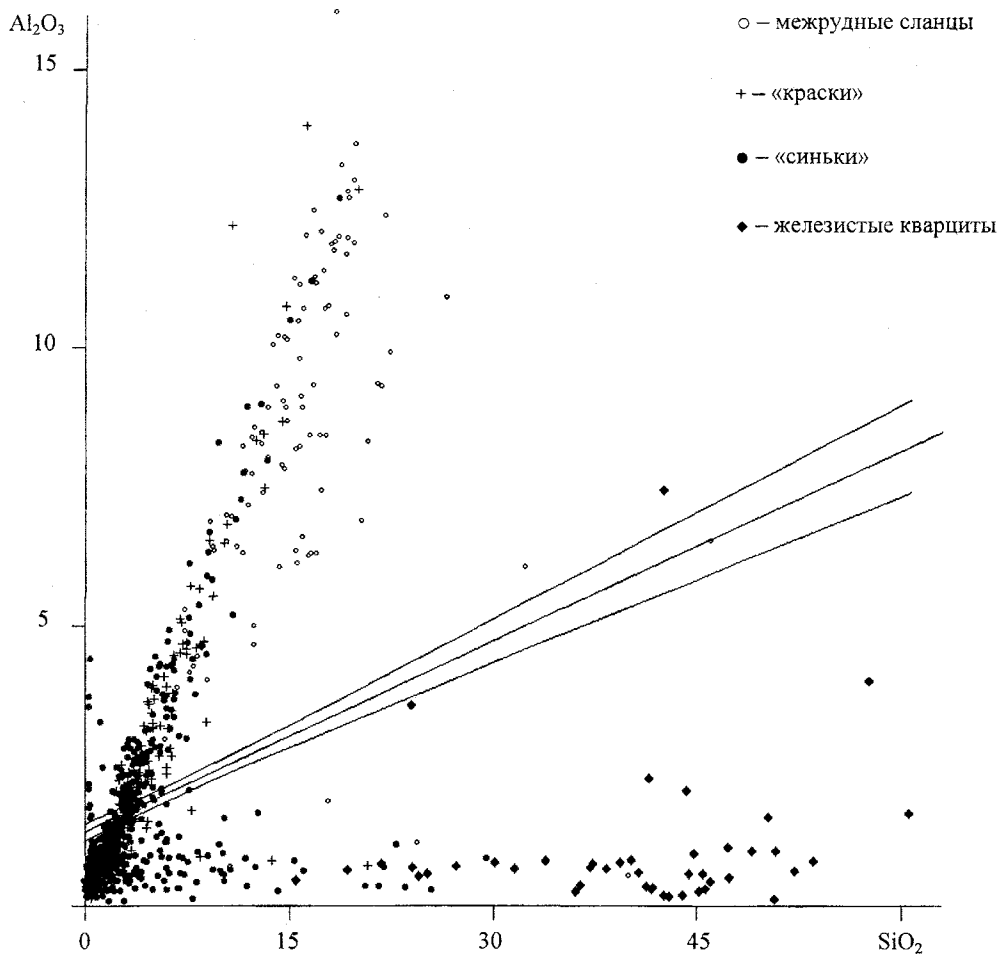



Рис.4. Диаграмма корреляции $SiO_2$ и $Al_2O_3$

коре выветривания происходит в связи с выносом из исходных железистых кварцитов кремнезема. Отрицательная корреляция железа с глиноземом и магнием вероятнее всего связана с вторичными процессами хлоритизации богатых руд, что подтверждается положительной корреляцией магния с входящими в состав хлоритов кремнеземом и глиноземом. Поскольку коэффициенты корреляции рассчитаны для выборки в пределах блока первоочередной добычи, который расположен ниже зоны карбонатизации, то отрицательная корреляция кальция и железа не проявлена. Положительная корреляция кальция с фосфором вызвана, вероятно, сонахождением этих элементов в виде апатита или других минеральных форм на основе фосфата кальция.

Построенные гистограммы по содержанию общего железа и диаграммы зависимости содержания $Fe_{общ}$ от содержаний $SiO_2$ (рис.2) и $Al_2O_3$ (рис.3) позволяют выявить отчетливую закономерность, свидетельствующую об образовании богатых руд по двум основным исходным породам, обогащенных железом. Первая из них была представлена железистыми кварцитами; вторая – железистыми филлитовидными сланцами. В процессе природного обогащения в рудах происходило возрастание содержания железа и вынос не только кремнезема, но и глинозема. Эти две ветви преобразуемых пород еще различимы до уровня, соответствующего содержанию железа порядка 50 %, а при дальнейшем обогащении железом различие между ними по соотношению основных оксидов практически стираются, и дифференцировать их по природе исходного субстрата, исходя из данных химического анализа, не представляется возможным.

На полученных диаграммах точки, обозначающие «краски» совпадают с точками сланцев, а точки «синек» укладываются в одну линию с железистыми кварцитами. Обе линии зависимости сходятся в точке с содержанием $Fe_{общ}$, равным 70 %, которая соответствует чистому гематиту. Данные графики хорошо иллюстрируют динамику накопления железа в едином для всех пород процессе корообразования. Железистые кварциты в процессе выветривания быстрее накапливают железо, чем филлитовидные сланцы, из которых необходим вынос глинозема, ведущего себя достаточно инертно в процессах выветривания. Поэтому в сланцах по линии регрессии разброс железа больше.

Полученные зависимости хорошо характеризуют выделенные на месторождении переходы между исходными породами и богатыми рудами. Так, мартит-железнослюдковые руды «синьки» в своем развитии приурочены к железистым кварцитам, располагаются на их «головах» и переходят в них с глубиной. Гидрогематит-мартитовые руды ассоциируют с кварцитами, содержащими в своем составе в существенных количествах силикаты, представленные преимущественно хлоритом, реже амфиболом. Гидрогематито-гидрогетитовые руды «краски» возникают за счет переработки железистых филлитовидных сланцев.

Такая связь между составом руд и подстилающими их породами подтверждается корреляционной зависимостью химических параметров руд Яковлевского месторождения, отраженной на построенных графиках. Анализируя корреляционные зависимости, с учетом имеющихся данных можно выявить некоторые детали во взаимосвязях состава исходного субстрата и богатых руд. Гидрогематито-гидрогетитовые руды «краски» возникают только за счет переработки железистых филлитовых сланцев и не возникают за счет железистых кварцитов, что подтверждается их общим трендом на всех корреляционных диаграммах. В свою очередь «синьки» попадают как в поле исходных железистых кварцитов, так и в поле межрудных сланцев. Это можно объяснить наличием железистых кварцитов, обогащенных за счет повышенного содержания амфиболов и хлоритов магнием и алюминием, которые по химизму близки к филлитовидным сланцам и попадают на диаграммах в их поле развития. Отличие от филлитовидных сланцев выявляется при анализе содержания магния, который практически отсутствует в филлитовидных сланцах, но содержится в обогащенных хлоритом и амфиболами железистых кварцитах, что подтверждается также наличием положительной корреляционной связи между алюминием и магнием (табл.1).

Полученные геолого-генетические данные важны для корректного использования методов геостатистики. Согласно Ж.Матерону [3], использование кригинга возможно только при обязательной однородности изучаемого объекта, которая для богатых руд Яковлевского месторождения определяется генетически обусловленной закономерной связью параметров оруденения (в данном случае содержания железа) во всем изучаемом объеме. В рассматриваемом случае с учетом выявленной общей тенденции преобразования железистых кварцитов и сланцев, различия в накоплении железа в которых нивелируются при его содержании свыше 50 %, можно говорить об однородности выборки в этом интервале содержаний железа и наличии общей пространственной закономерности его изменения в пределах богатых руд.

Проведенный статистический анализ содержаний основных компонентов руд с учетом геолого-генетической информации позволяет использовать вариографию для оценки изменчивости параметров оруденения. Выявленная путем построения вариограмм анизотропия в распределении содержания железа в богатых рудах участка первоочередной отработки характеризуется минимальной изменчивостью этого параметра вкрест простирания материнских пластов железистых кварцитов и максимальной изменчивостью по их падению (табл.2). Полученные параметры предварительные, поскольку продолжается уточнение базы данных опробования, но они хорошо согласуются с особенностями геологического строения месторождения.

*Таблица 2*

**Параметры эллипсоида анизотропии изменчивости содержаний железа по участку детальной разведки Яковлевского месторождения, построенного на основе вариограмм**

| Основные оси элипсоида | Азимут наклона оси | Угол наклона оси | Эффект самородка | Порог | Зона влияния, м |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 45° | 0° | | | 450 |
| II | 135° | -20° | 10,0 | 81,0 | 350 |
| III | 135° | 70° | | | 250 |

Этот на первый взгляд противоречивый результат находит вполне удовлетворительное объяснение с позиций рассмотренной выше геолого-генетической модели. Если рассматривать геологическую структуру толщи материнских для богатых руд пород, представленных преимущественно железистыми кварцитами и сланцами различного состава, которые залегают в пределах месторождения на разведываемых глубинах практически моноклинально, круто падая на северо-восток, то естественно максимальная выдержанность оруденения будет наблюдаться по простиранию пород и по их падению, а максимальная изменчивость – вкрест простирания [2]. Наложение мощной коры выветривания в существенной мере нивелирует первичные различия этих пород и по их различным разновидностям образуются богатые руды с близким содержанием железа (рис.2, 3). Интенсивность процессов выветривания, а соответственно и обогащения руд, контролируется литологическими, но в большей мере тектоническими факторами, определяющими проницаемость пород для поверхностных вод. Это отчетливо выявляется на плане распределения богатых руд, области развития которых на горизонте 425 м имеют отчетливо проявленные фрагменты с северо-восточной ориентировкой. Необходимо подчеркнуть, что если изменчивость оруденения по содержанию минимальна вкрест простирания железистых кварцитов, то изменчивость природных типов богатых руд в этом направлении максимальна.

Статистический и геостатистический анализ оруденения в пределах Яковлевского месторождения позволил уточнить и полнее аргументировать ряд геолого-генетических особенностей оруденения, которые необходимо учитывать при оптимизации методики геолого-разведочных работ.

На первом этапе работ на Яковлевском месторождении (1957-1958 гг.) предварительная и детальная разведка осуществлялась вертикальными скважинами по профилям через 400 м с расстоянием между скважинами 100 м, которые бурились с поверхности (рис.5). На участках детализации проводилось сгущение профилей до 200 м, а на флангах месторождения профили скважин задавались через 800 м. Рудные тела оконтуривались на основе макроскопического выделения богатых руд по результатам изучения керна с учетом требований кондиций по содержанию железа.

По результатам разведочных работ промышленные запасы были приняты в ГКЗ по категориям В (37,7 %) и $C_1$ (62,3 %).

Подсчет запасов проводился в соответствии с утвержденными кондициями, которые предусматривали выделение пяти технологических сортов руд (табл.3).

Минимальная мощность рудных тел была принята равной 10 м, а максимальная мощность прослоев пустых пород не более 5 м. Поскольку прослои межрудных сланцев характеризуются небольшой мощностью и повышенным содержанием железа (20-45 %), то при подсчете запасов они рассматривались как некондиционные руды. Запасы отдельных сортов руд определялись статистическим методом на основе оценки их доли в разведочных пересечениях.

Проверка достоверности подсчета запасов на участке детализации, где были пробурены дополнительные разведочные профили через 200 м, показала подтверждение запасов, подсчитанных по сети 400 × 100. На основании этого был сделан вывод о том, что разведочная сеть 400 × 100 обеспечивает достоверное оконтуривание богатого оруденения и выявляет основные черты внутреннего строения рудных тел. По завершению доразведки запасы были пересчитаны на 01.01.1970 г., при этом их значение увеличилось только на 2,5 %. Приведенные факты

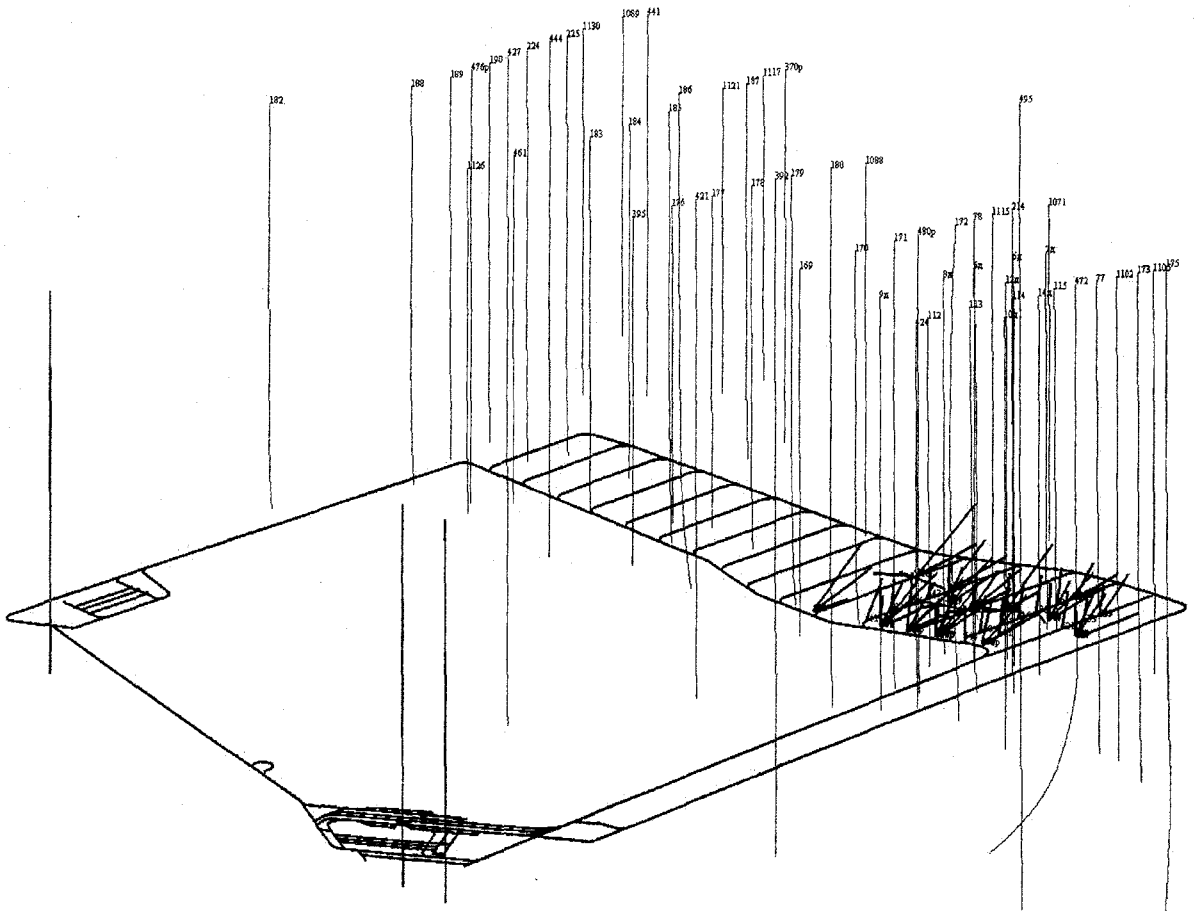


Рис.5. Системы разведки Яковлевского месторождения преимущественно вертикальными скважинами с поверхности (тонкие линии) и веерами наклонных скважин из подземных горных выработок (толстые линии) на участке первоочередной добычи

свидетельствуют о высокой достоверности подсчета запасов на первых этапах разведки месторождения при принятой плотности и ориентировке разведочной сети.

Принципиально иная задача стоит при разведке участка первоочередной отработки Яковлевского месторождения, на котором планируется добыча слабосцементированных мартит-железно-слюдковых руд, пригодных для упрощенного обогащения с выделением наиболее богатой части руд на грохотах и дальнейшей переработки по методу горячего брикетирования и для получения аглоруды высокого качества. Методика разведки должна предусмотреть определение следующих параметров оруденения:

- содержания железа и сопутствующих элементов, в первую очередь балластных и вредных примесей в рудах;
- контуров основных природных типов руд, выделяемых по минеральному составу и структурно-текстурным особенностям, с подразделением на рыхлые и плотные разновидности;
- объемного веса всех выделяемых природных типов руд.

Достоверное определение этих параметров позволит оценить запасы по промышленным категориям (А + В) и ляжет в основу выбора системы отработки месторождения.

Определение содержания железа и других сопутствующих элементов не вызывает затруднения, требуется лишь обеспечение достоверности и оперативности получения аналитических данных.

Важное значение имеет выделение и оконтуривание природных типов и техноло-

*Таблица 3*

**Характеристика технологических сортов руд Яковлевского месторождения в соответствии с кондициями 1958 г.**

| Технологический тип руд | Содержание основных компонентов, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Fe_{общ}$ | S | P | $SiO_2$ |
| Мартеновские | Более 55 | Менее 0,15 | Менее 0,15 | Менее 10 |
| Доменные, гематит-мартитового состава | Более 45 | | | Менее 10 |
| Доменные, карбонатного состава: | | | | |
| сернистые | Более 35 | Более 0,3 | | Менее 10 |
| малосернистые | Более 35 | Менее 0,3 | | Менее 10 |
| Мартит-гетитовые, требующие обогащения | Более 45 | | | Более 10 |
| Карбонатные, требующие обогащения | Более 35 | | | Более 10 |

гических сортов руд на участке первоочередной добычи Яковлевского месторождения. Решение этой задачи требует обязательной унификации выделяемых природных типов руд в текущей документации скважин и подземных горных выработок и приведения к используемой схеме ранее выделяемых типов руд. Это позволит в полном объеме использовать всю накопившуюся геолого-разведочную информацию по месторождению в целом и непосредственно по участку первоочередной добычи.

Большое значение для точности подсчета запасов имеет правильное определение объемного веса руды. На первых этапах проведения геолого-разведочных работ при суммарном подсчете запасов богатых руд

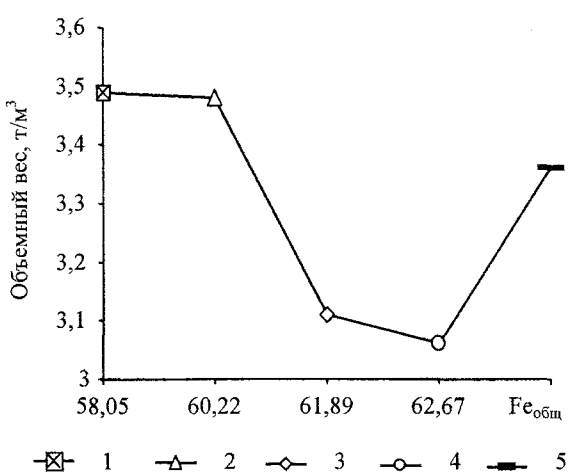



Рис.6. Соотношение объемного веса и содержания железа для основных типов руд [1]

1 – переотложенная руда; 2 – мартит-железно-слюдковая плотная; 3 – гидрогематитовая плотная; 4 – гидрогематитовая рыхлая; 5 – мартит-железно-слюдковая рыхлая

Яковлевского месторождения было принято средневзвешенное на распространение различных типов руд значение объемного веса, равное 3,3 т/м$^3$. Статистически определенные значения этого показателя для различных типов руд существенно отличаются (рис.6). Использование средневзвешенного значения объемного веса руды при подсчете суммарных запасов было вполне оправдано, поскольку запасы отдельных сортов определялись статистическим методом, в соответствии с их долей, определенной по результатам документации керна. Именно эта доля и учитывалась при определении средневзвешенного объемного веса руды. При подсчете запасов только по одному природному типу руд (мартит-железно-слюдковых – «синек»), который необходимо сделать для оценки рудоносного потенциала в пределах намеченного к первоочередной отработке добычного участка, такой подход приведет к существенным погрешностям в подсчете запасов.

Следует учитывать, что и среди мартит-железно-слюдковых руд выделяются плотные и рыхлые разности, которые заметно отличаются по объемному весу. По данным разведки 1957-1958 гг. плотные разности богатых руд приурочены к верхней части залежи, отдельным согласно ориентированным зонам проницаемости контактовых и внутренних частей залежи и к нижней границе с исходными железистыми кварцитами. Доля рыхлых руд по разным разведочным сечениям колеблется от 10 до 70 %. Учитывая заметную изменчивость распространения

рыхлых руд по отдельным разведочным пересечениям (как по позиции, так и по доле) и необходимость их селективной выемки, подсчет запасов этого типа руд невозможно осуществлять статистическим методом, а необходимо их оконтуривание, которое может быть успешно реализовано на основании блочной модели месторождения, при наличии этого параметра в базе данных.

При подсчете запасов необходимо максимально полно использовать весь объем накопленных на всех этапах геолого-разведочных работ данных, что возможно при преемственности методики проведения работ. Разведка месторождения осуществлялась профилями вертикально или круто ориентированных скважин. Выбор их ориентировки определялся в значительной мере большой глубиной залегания руд и тем, что в пределах тела богатых руд направление их максимальной изменчивости (в первую очередь по содержанию железа и ряда других компонентов) ориентировано также вертикально. Достоверность подсчета запасов подтвердила правильность выбранной методики. Целесообразно учесть опыт предыдущих работ и при детальной разведке в пределах участка первоочередной отработки, на котором возможно из развивающейся сети горных выработок бурить веера достаточно круто ориентированных восстающих скважин. Это целесообразно, поскольку природные типы руд в связи с их приуроченностью к определенным разновидностям пород имеют достаточно выдержанные границы. Изменчивость же содержания железа и показателей рыхлости – сцементированности руд максимальна в вертикальном направлении и для их оценки крутопадающие скважины предпочтительнее.

Анализ проблем, возникших в процессе компьютерного моделирования Яковлевского месторождения, его промежуточных результатов с учетом результатов рассмотрения геолого-генетических особенностей руд позволил сделать ряд выводов и сформулировать рекомендации по использованию компьютерных технологий при проведении опережающей эксплуатационной разведки.

Основой компьютерного моделирования является база геолого-разведочных данных, которая должна удовлетворять ряду требований:

- включать весь объем геолого-разведочной информации, полученной на различных этапах и стадиях геолого-разведочных работ;
- все параметры в базе данных должны быть унифицированы, систематизированы и отражать все показатели, необходимые для подсчета запасов по существующим кондициям.

Применительно к Яковлевскому месторождению для использования всех возможностей и преимуществ компьютерного моделирования необходима систематизация всех геолого-разведочных данных, которая позволила бы построить единую увязанную схему необходимых для подсчета запасов параметров. Необходимо приведение всех схем типизации руд по минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, прочностным характеристикам, используемым в течение всего периода проведения геолого-разведочных работ, к единой схеме, с выделением унифицированных технологических сортов. Поскольку важнейшим типом руд для отработки на Яковлевском месторождении являются рыхлые мартит-железно-слюдковые руды, то должны быть четко сформулированы критерии их выделения при документации и сопоставлении с ранее выделяемыми типами руд. Необходимо определение объемного веса руд в гораздо более широкой выборке проб, что позволит отразить этот параметр в блочной модели и точно учесть при подсчете запасов.

Учитывая достаточно сложную геометрию объемов, занятых различными природными типами руд, целесообразно для их выделения использовать индикаторный кригинг, который позволяет оценить вероятность нахождения в каждом элементарном блоке модели того или иного типа руд.

При использовании компьютерного моделирования в процессе разведки месторождения целесообразно отражать бороздовое опробование по подземным горным выра-

боткам в виде единой борозды с маркшейдерской привязкой ее начала, указания пространственной ориентировки и интервалов опробования аналогично представлению материалов по разведочным скважинам. Это позволит без дополнительных пересчетов вносить данные бороздового опробования в базу данных.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Григорьев В.М.* Докембрийские железорудные формации мира. М.: Мир, 1975.

2. Железные руды КМА / Под редакцией В.П.Орлова, И.А.Шевырева, Н.А.Соколова. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001.

3. *Матерон Ж.* Основы прикладной геостатистики. М.: Мир, 1968.

4. *Орлов В.П.* Железнорудная база России. М.: Геоинформмарк, 1998.