



Гермаханов А.А.
Заместитель руководителя
Федерального агентства по
недропользованию (Роснедра)



Герт А.А.
д.э.н., вице-президент по науке
Ассоциация научно-технический
центр инновационного
недропользования
gertsibntc@gmail.com



Казанов О.В.
генеральный директор ФГБУ ВИМС
vims@vims-geo.ru



Горшенин Н.Е.
к.т.н., ведущий специалист ФГБУ ВИМС
nickgor@inbox.ru



Пестриков А.А.
ведущий специалист ФГБУ ВИМС
apestrikoff@gmail.com



Романюк В.Б.
доцент, к. э. н., Институт
экономики и менеджмента
Томский государственный
университет
romanyukvb@rambler.ru

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ И ПРОЕКТОВ

В статье изложена методика геолого-экономической оценки объектов для постановки поисково-оценочных работ за счет средств федерального бюджета в рамках государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов». Предлагаемая методика геолого-экономической оценки проиллюстрирована на примере проявления титаномагнетитовой руды. Оценка выполнена детерминированным и вероятностным методом с применением специализированного программного обеспечения Exstrat 1.0. Применение предлагаемой методики позволит объективно оценить необходимость и эффективность постановки геологоразведочных работ на оцениваемом объекте, а также перспективы его вовлечения в промышленное освоение при вероятностном изменении внешних факторов во времени.

Ключевые слова: вероятностная геолого-экономическая оценка, поисково-оценочные работы, титаномагнетитовые руды.

Геологическое изучение недр за счет государственных средств в настоящее время осуществляется в рамках Государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов (подпрограмма 1 «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр»). Данная программа включает в себя как процессные мероприятия, так и мероприятия Федерального проекта «Геология-возрождение легенды».

Ежегодное формирование перечня объектов производится в соответствии с «Временными требованиями...» (приложение к приказу Роснедр от 07.06.2022 г. N 298). В соответствии с этим документом необходимо провести геолого-экономическое обоснование возможной промышленной значимости прогнозируемых объектов.

Необходимо отметить, что в настоящее время отсутствует утвержденная методика такого обоснования, хотя, на наш взгляд, такое обоснование является ключевым для постановки работ и соответствующего финансирования. В настоящее время предстоит наращивание усилий государства по приросту минерально-сырьевой базы, особенно по дефицитным и стратегическим видам полезных ископаемых. В этой связи считаем актуальным разработку методики геолого-экономического обоснования объектов геологического изучения в рамках государственного заказа и ее практическое применение. Данная методика также может применяться для оценки результатов работ и принятия решения об их продолжении. Рассмотрим основные положения предлагаемой методики на примере объекта титанового сырья.

Объективная оценка целесообразности постановки работ должна включать следующие разделы:

1. Цели и задачи развития минерально-сырьевой базы титанового сырья в документах государственного стратегического планирования
2. Изучение рынка сырья и прогноз перспективных потребностей в мире
3. Потребности и источники их покрытия в России
4. Существующая сырьевая база: ресурсы, месторождения, предприятия.
6. Характеристики объекта, предлагаемого для постановки геологоразведочных работ (ГРР). Предлагаемая программа ГРР. Ожидаемые результаты.
5. Технологии добычи, обогащения и извлечения полезного компонента.
7. Обоснование конечного продукта для расчетов экономической эффективности. Экспертная оценка на основе объектов-аналогов нормативов затрат на все стадии получения конечного продукта и цен на конечную продукцию.

8. Геолого-экономическая оценка прогнозируемого объекта, оценка бюджетной эффективности, оценка эффективности для инвестора.

10. Обоснование предельных параметров объектов, обеспечивающих безубыточность. Вероятность открытия экономически эффективного объекта.

11. Комплексная оценка геологических и экономических рисков. Выводы о целесообразности постановки работ по объекту.

Проведение такого исследования позволит объективно ответить не только на вопрос – какова потенциальная эффективность конкретного объекта, но и определить его относительную ценность и место в уже имеющейся сырьевой базе с учетом действующих документов социально-экономического развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы России. Таким образом, удастся ответить на вопрос – какова цель постановки работ и каков потенциальный эффект этих работ для народного хозяйства.

Предлагаемая последовательность работ по геолого-экономическому обоснованию предполагает развитие нескольких направленных исследований:

1. Развитие постоянно пополняемого «Информационного проекта» в области сырьевой базы, технологий добычи, обогащения и конечного передела, динамики сфер использования и объемов потребностей и цен по каждому виду оцениваемого минерального сырья. Проект также должен включать базу данных по фактическим и проектным нормативам затрат на добычу и обогащение полезных ископаемых и позволять прогнозировать перспективные нормативы затрат.

2. Разработку и утверждение методики геолого-экономической оценки объектов, находящихся на ранних стадиях геологоразведочных работ, включающую оценку рисков.

3. Разработку программного инструментария для оперативной геолого-экономической оценки объектов, включающего блок вероятностного моделирования и обоснования предельно-допустимых параметров прогнозируемых объектов.

Предполагается, что подобного рода геолого-экономическое обоснование должно базироваться на большом объеме геолого-геофизической и экономической информации, накопленном ведущими институтами в структуре Федерального агентства по недропользованию.

Рассмотрим схематично последовательность обоснования на примере одного из перспективных объектов для открытия месторождения титаномагнетитовых руд. Оцениваемый продукт – ильменитовый концентрат. Попутно получаемый железорудный концентрат также будет востребован на внутреннем и внешнем рынках.

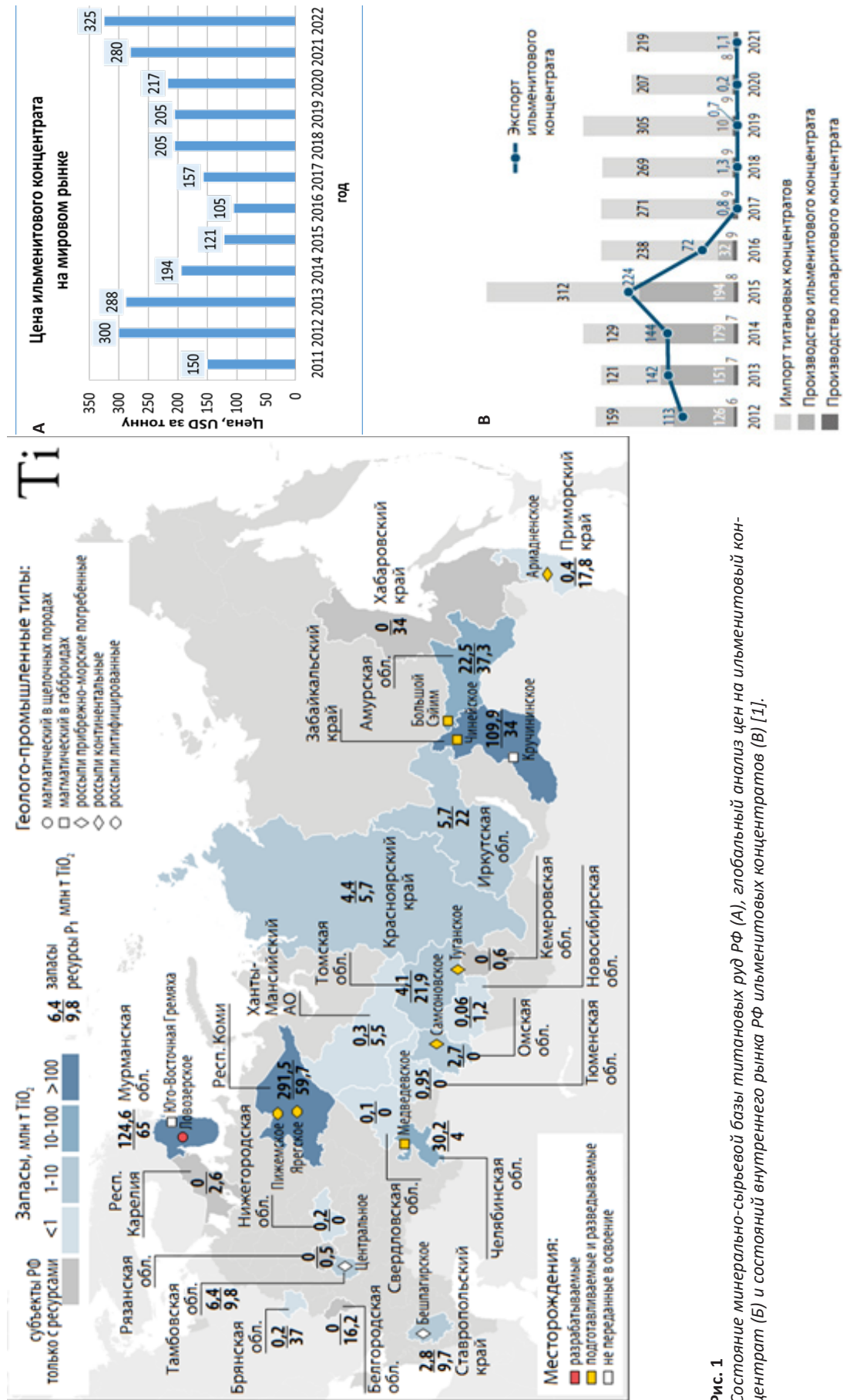


Рис. 1 Составные минерально-сырьевой базы титановых руд РФ (А), глобальный анализ цен на ильменитовый концентрат (Б) и состояний внутреннего рынка РФ ильменитовых концентратов (В) [1].

Анализ рынка

Анализ рынка показывает, что в последние 5 лет цена на мировом рынке на ильменитовые концентраты растет и в 2022 году составила 325 долларов США за тонну. Внутренние потребности и возобновление экспорта дают необходимый объем производства концентрата на текущий момент более 500 тыс. т. (Рис.1) [1]. Очевидно, что в связи с развитием научно-технического прогресса и индустриального сектора спрос на титан и титановые концентраты будет увеличиваться так в России так и за рубежом. Таким образом, общие перспективные потребности производства могут вырасти оценочно до 1-1.5 млн. т. в год, и очевидна потребность в расширении минерально-сырьевой базы.

Геологические предпосылки работ

По геологическим условиям на рассматриваемом участке (Рис.2, а) имеются все предпосылки для открытия крупного месторождения – прослеживаются выходы титаномагнетитовых руд. В контуре участка находится крупная гравимагнитная аномалия. В регионе поисковых работ уже открыты крупные месторождения титаномагнетитовых руд.

Необходимо произвести оценку объема геологоразведочных работ и построение вероятностной геологической модели месторождения.

Доступной фондовой геологической информации достаточно для того, чтобы спроектировать необходимый объем поисковых работ и в первом приближении наметить объемы работ по оценке, а затем разведке месторождения.

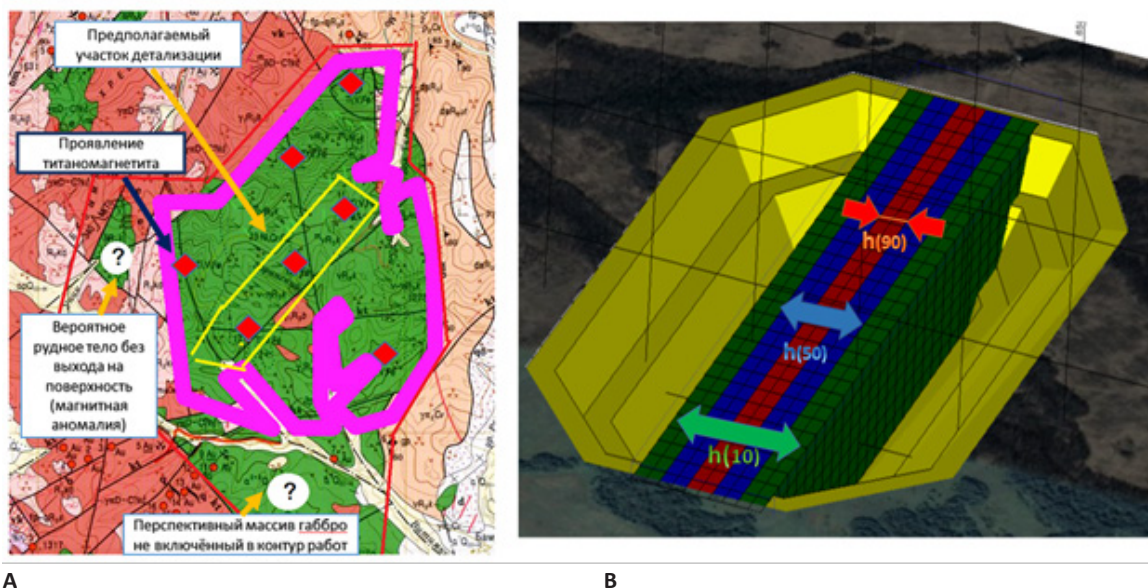


Рис. 2 Геологическое строение участка недр (А) и абстрактная геологическая модель рудного тела (Б).

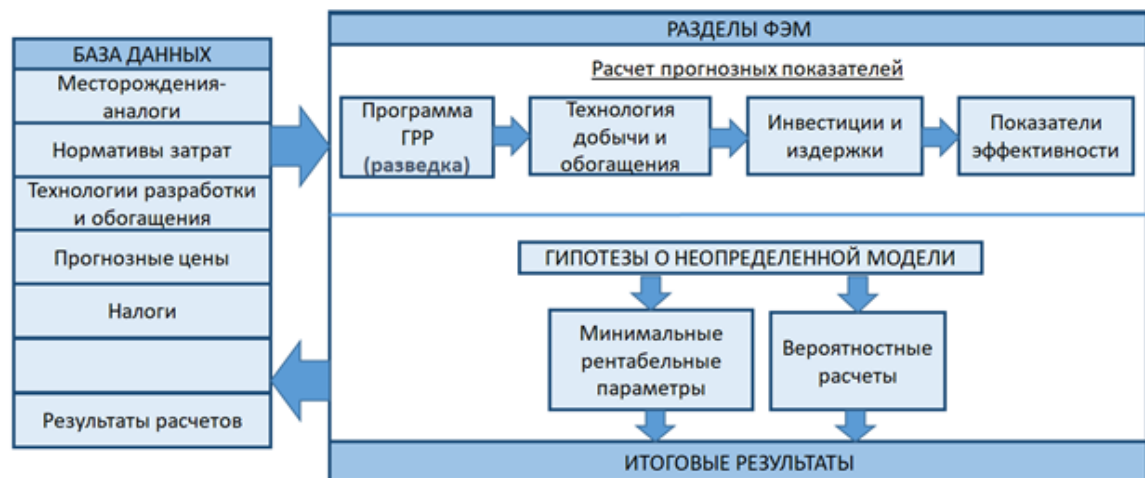


Рис. 3 Структура финансово-экономической модели (ФЭМ) для геолого-экономической оценки значимости перспективных месторождений.

На стадии поисковых работ объем геологической информации об объекте изучения крайне мал. Однако, задача по геолого-экономической оценке перспективного объекта может быть успешно решена вероятностными методами. Наиболее ответственный момент при вероятностной геолого-экономической оценке – построение абстрактной геологической модели месторождения и статистическое обоснование основных подсчетных параметров на примере уже открытых месторождений –аналогов. В качестве месторождений-аналогов используем уже разведанные месторождения РФ этого-же типа (магматические в габброидах).

Абстрактную геологическую модель месторождения представим в следующем виде (Рис.2, б) – крутопадающие тела титаномагнетитовых руд в скальном массиве, который отрабатывается карьером до некоторой предельно-рентабельной глубины. Мощность (суммарная мощность рудных тел, отрабатываемых в контуре одного карьера) и концентрация полезного компонента по данным месторождений-аналогов могут быть представлены в статистически-распределенном виде (Рис.5). При этом верхние и нижние предельные значения параметров мощности рудных тел и содержаний полезных компонентов в них ограничиваются экспертно исходя как из данных по объектам-аналогам, так и по результатам ранее выполненных съемочных и поисковых работ непосредственно на рассматриваемом объекте.

Вероятностная геолого-экономическая оценка

Для оценки строится динамическая финансово-экономическая модель денежных потоков, охватывающая все стадии изучения и освоения объекта (рис 3). На первом этапе расчетов определятся базовый вариант оценки (оценка по средним значениям параметров или детерминированная оценка) – рис 4. Целесообразно также оценить вариант с возможным предоставлением налоговых льгот, в частности по НДС.

С учетом большой неопределенности множества параметров, входящих в модель, целесообразно после построения детерминированной модели и определения базового варианта оценки (оценка по средним параметрам) провести оценку с учетом неопределенности исходной информации. [3].

Для оценки с учетом неопределенности предполагается, что исходные параметры могут быть описаны некоторыми вероятностными распределениями. Данные распределения, как правило, носят экспертный характер. В случае отсутствия гипотез о наиболее вероятном значении параметра принимается равномерное распределение параметра в заданном диапазоне, в противном случае может приниматься распределение близкое к нормальному на заданном диапазоне. Неопределенными являются практически все группы исходных параметров – геологические, технологические и экономические. Примеры применяемых распределений приведены на рис. 5.

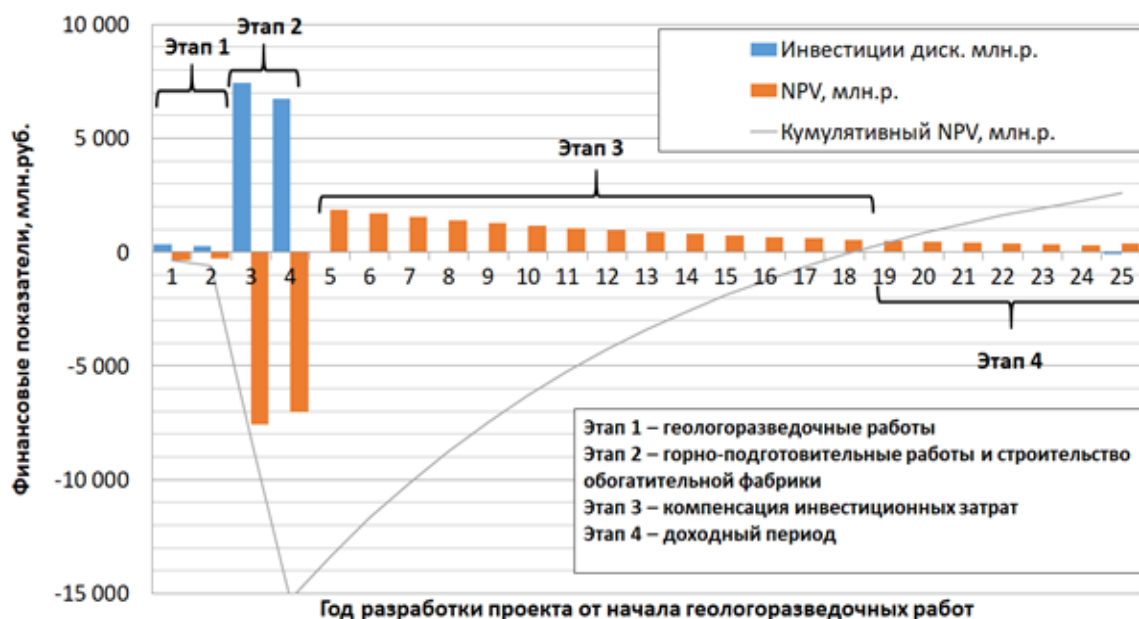


Рис. 4
 Динамическая финансово-экономическая модель денежных потоков детерминированного варианта оценки потенциального месторождения.

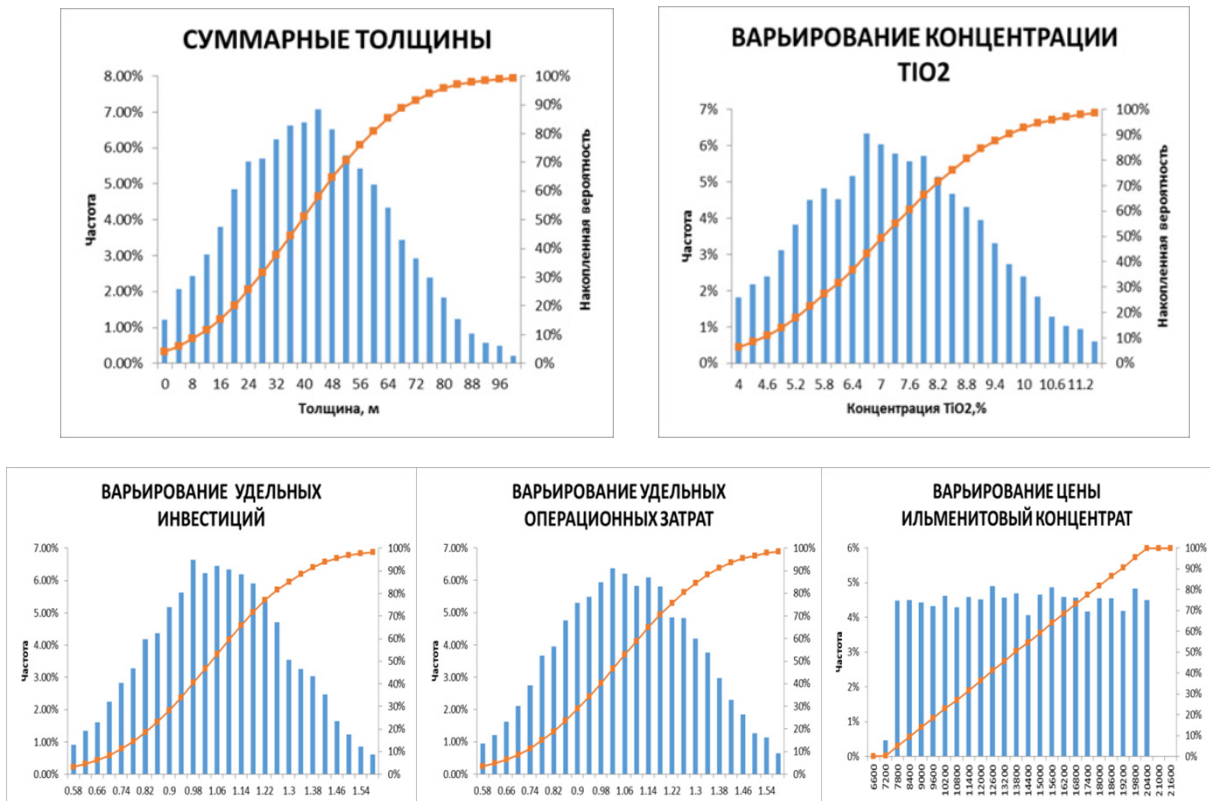


Рис. 5
Статистическое распределение исходных данных для вероятностной геолого-экономической оценки.

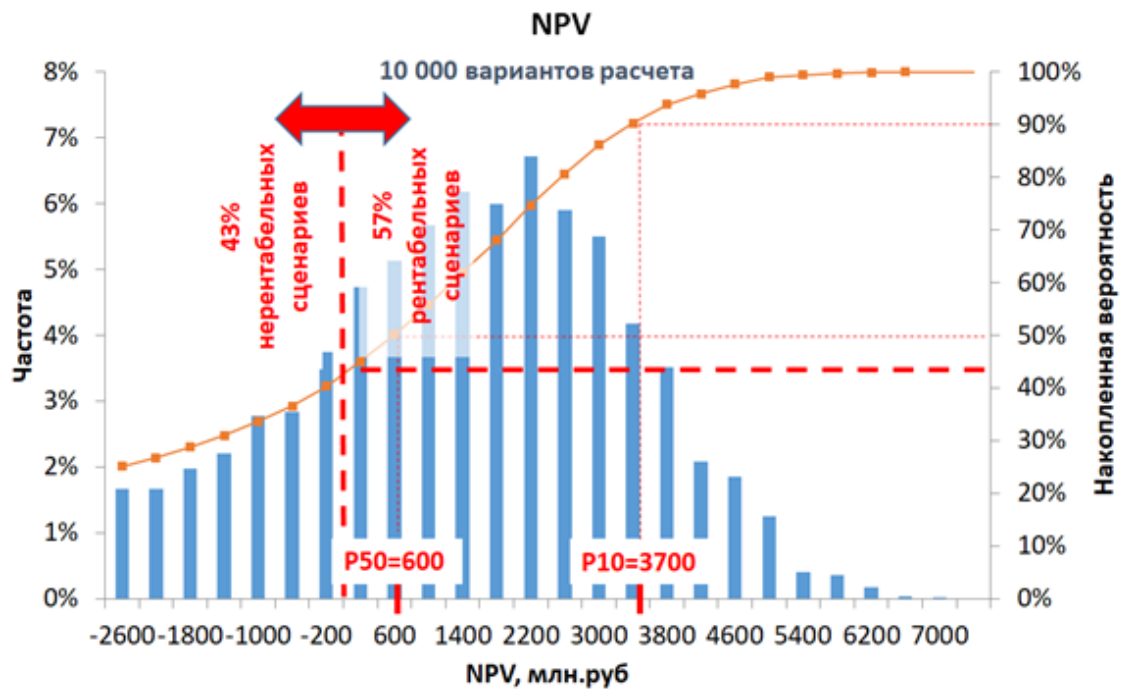


Рис. 6
Результаты вероятностной геолого-экономической оценки: — распределение чистого дисконтированного дохода, NPV.

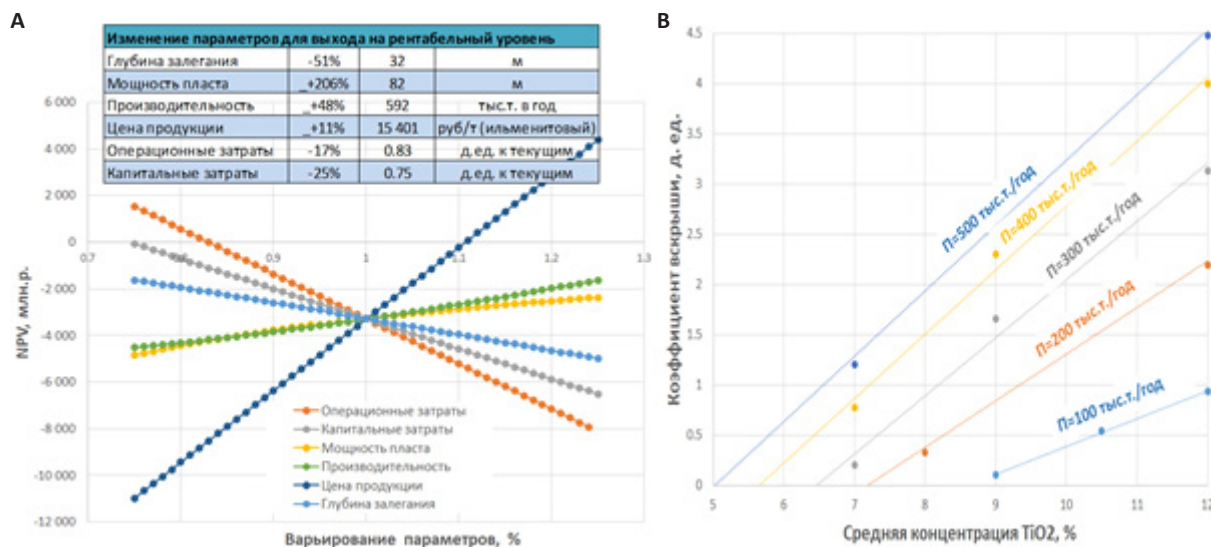


Рис. 7 Анализ чувствительности проекта (А) и расчет предельно-рентабельных параметров (разведочных кондиций) (Б), где П – производительность предприятия.

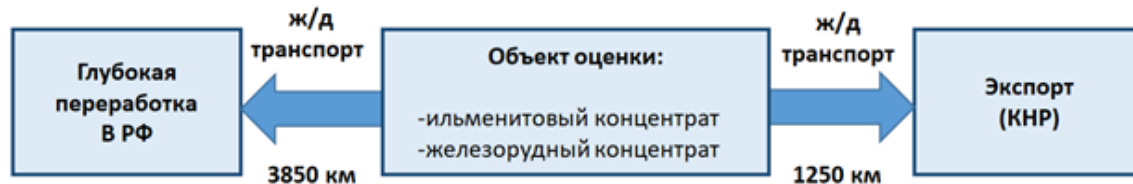


Рис. 8 Оценка перспективных объектов с учетом транспортировки до потребителя.

После обоснования гипотез о распределении исходных параметров проводятся множественные (не менее 10 000) расчеты ФЭМ с использованием метода статистического моделирования (метод Монте-Карло)

Результатом такой оценки является вероятностное распределение итогового показателя, например чистого дисконтированного дохода (NPV) (рис. 6). Важнейшим результирующим показателем статистического моделирования является вероятность того, что данный проект будет рентабельным. За такую вероятность можно принять процент реализаций модели с положительным NPV (рис. 6). Для дальнейших аналитических исследований также следует отметить важность показателя NPV для значений вероятностной функции P10, P50, P90.

Путем множественных расчетов с использованием ФЭМ можно также рассчитать следующие важные для проекта данные:

- чувствительность проекта к изменению основных геологических, технологических и экономических параметров. Как показал анализ данного проекта (рис. 7а), наибольшая чувствительность данного проекта будет к изменению цены товарного концентрата.

- предельно-рентабельные параметры вероятного месторождения или разведочные кондиции – т.е. параметры, которые позволят отсекаать заведомо нерентабельные объекты на стадии поисков, оценки и разведки не прибегая к дополнительной геолого-экономической оценке (рис. 7б).

Эффективность постановки работ

Заключительным этапом геолого-экономической оценки является оценка значимости объекта с учетом района размещения и региональных экономических условий. Для проведения такой оценки необходимо оценить потенциальный рынок сбыта продукции (ильменитовый и железорудный концентраты) получаемой из сырья потенциального месторождения. Потребителем может быть либо действующие или проектируемый предприятия по производству конечной продукции в России, либо экспорт (рис. 8). В случае ориентации на экспорт целесообразно оценить транспортные затраты до возможного пункта поставки.

Необходимо также учесть наличие и возможное создание в регионе минерально-сырьевых центров, существующих и проектируемых инфраструктурных объектов (железных


дорог, портов, ЛЭП и других), региональные налоговые условия и другое. В частности объект может располагаться на территории опережающего развития либо войти в комплексную программу развития Дальнего Востока и другие подобные программы.

Программный инструментарий

Учитывая достаточно большую трудоемкость расчетов и необходимость оценки большого количества альтернативных объектов целесообразно развивать и применять специальное программное обеспечение (см. например описание ПК «ExStrat 1.0» в данном номере журнала). Представление результатов геолого-экономической оценки в формате, совместимом с

требованиями ЦКР к техническим проектам на разработку месторождений, требованиям ГКЗ к ТЭО кондиций позволит сделать результат оценки более привычным для понимания и сопоставления с результатами технических расчетов по другим объектам или альтернативным оценкам по данному объекту.

Выводы

Применение предлагаемой методики, по мнению авторов, позволит объективно оценить необходимость и эффективность постановки геологоразведочных работ на оцениваемом объекте, а также перспективы его вовлечения в промышленное освоение при вероятностном изменении внешних факторов во времени. 

Литература

1. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году, Москва 2022 г.
2. Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Баргузино-Витимская. Лист N-49-XII (Ципикан) Объяснительная записка/ К.М. Шелгачёв, Л. В. Шатковская, А.А. Скулыбердин и др. – М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2019.
3. Стоимостная оценка нефтегазовых месторождений и участков недр. Учебно-методическое пособие. Герт А.А., Супрунчик Н.А. и др. М. Геоинформмарк, 2010 г.

UDC 551.319

A.A. Germakhanov, Deputy Head of the Federal Agency for Subsoil Use (Rosnedra)

A.A. Gert, Science Vice-President of Association «NTC IN», Doctor of Economic Sciences, gertsibntc@gmail.com

O.V. Kazanov, General director, vims@vims-geo.ru

A.A. Pestrikov, Leading Specialist, apestrikoff@gmail.com

N.E. Gorshenin, Candidate of Technical Sciences, Leading Specialist, nickgor@inbox.ru

V.B. Romanyuk, Ph.D. in Economy, Assoc. Prof., Tomsk State National Research University (TSU), romanyukvb@rambler.ru

ECONOMIC GEOLOGICAL EFFICIENCY EVALUATION OF GEOLOGICAL OBJECTS BACKING BY STATE BUDGET OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract: This paper describes the methodology for the economic geological evaluation of objects for government program of the Russian Federation — "Reproduction and use of natural resources". The proposed method of economic-geological evaluation is demonstrated by evaluation of titanium-magnetite ore field. The evaluation was performed by a deterministic and probabilistic method using specialized software Exstrat 1.0. The proposed methodology will leads to efficiency increase of ore exploration and make possible to predict the efficiency of industrial development of geological objects with a probabilistic change in external factors over time.

Keywords: probabilistic economic-geological evaluation, ore exploration works, titan-magnetite ore.