



**М.В. Шумилин**  
д-р геол.-мин. наук  
профессор  
член-корреспондент РАЕН  
Атомредметзолото  
советник генерального директора  
shumilin.zbk@gmail.com

## К МЕТОДИКЕ ОБОСНОВАНИЯ КОНДИЦИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ

*Автор считает, что анализ зависимости параметров месторождений от принимаемых бортовых лимитов, с построением соответствующих графиков, следует полагать обязательным элементом геологических отчетов по оценке прогнозных ресурсов  $P_1$  рудных месторождений, близких по характеристикам к рассмотренным в статье урановым*

*The author believes that the analysis of the dependence of the parameters of deposits received from the onboard limits, with the construction of appropriate graphs to be a mandatory element of the geological report on the assessment of prognostic resources of  $P_1$  ore deposits with similar characteristics to considered in the article uranium deposits*

**Ключевые слова:** месторождения урана, бортовое содержание, геологический потенциал месторождения  
**Keywords:** uranium deposits, cut-off grade, geological potential of the field

**М**етодика обоснования кондиций при оценке запасов минерального сырья в нашей стране регламентируется «Методическими рекомендациями по составу и правилам оформления материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов, представляемых на государственную экспертизу» [1]. Прогнозные ресурсы, оцениваемые по результатам поисковых и оценочных работ, как правило, на государственную экспертизу не представляются. Однако и при их оценке приходится задаваться некоторыми кондиционными лимитами. Эти лимиты обычно выбирают по аналогии с разрабатываемыми месторождениями или пытаются обосновывать технико-экономическими расчетами по методике, предлагаемой в упомянутых рекомендациях, с некоторыми упрощениями. Оба эти приема далеко не всегда способны дать приемлемые результаты.

Выбор по аналогии с действующими предприятиями затруднен тем, что полных аналогов среди природных объектов, как правило, не бывает. К тому же многие характеристики руд выявляемых объектов на поисковых стадиях устанавливаются лишь весьма приближенно, что делает и сам выбор месторождения аналога достаточно условным.

**На ранних стадиях оценки объектов главным фактором оценки результативности исполнителей работ должно считаться именно выяснение характера зависимости основных параметров месторождения от принимаемого лимита, а не соответствие величины ресурсов, исчисленных исходя из некоторой его фиксированной величины, установленному заданию по приросту**

Наконец, географо-экономические условия разрабатываемых и вновь открытых месторождений часто несопоставимы, а именно эти условия нередко оказываются определяющими для экономических показателей.

Расчетное обоснование кондиций на поисковой стадии затруднено теми же обстоятельствами, вследствие чего многие технико-экономические показатели практически приходится принимать волевым порядком, что лишает результаты расчетов соответствующей такой процедуре надежности.

Условиях нашей страны новые объекты часто выявляются в районах, экономически слабо

освоенных. Попытки предусмотреть в расчетах затраты на создание необходимой инфраструктуры при оценке таких объектов, как правило, приводят к квалификации их, как непромышленных. Учесть же возможный синергетический эффект комплексного освоения районов на ранних стадиях оценки практически невозможно.

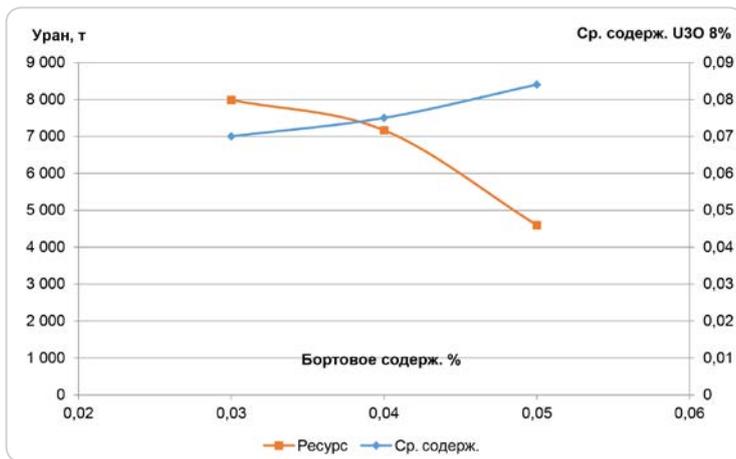
Основным кондиционным показателем при оценке ресурсов всех рудных и многих нерудных месторождений является бортовое содержание ценного компонента. При этом величина ресурсов объекта является убывающей, а среднее содержание компонента – возрастающей функцией бортового параметра. Соответственно, для каждого месторождения всегда существует некоторый оптимум бортового лимита, при котором величины ресурсов и среднего содержания достигают своих максимально возможных значений одновременно. Повышение лимита от такого оптимума ведет к потере ресурсов, понижение – к снижению среднего содержания. Таким образом, при указанном лимите обеспечивается возможность оптимизации геологического потенциала данного месторождения. При этом данный оптимум может быть найден только на основании геологической информации, без привлечения тех технико-экономических показателей, определение которых на ранних стадиях оценки затруднено.

Естественно, найденный таким образом оптимум может в дальнейшем оказаться не соответствующим экономическим условиям. Однако на стадии поисков основной задачей является оценка сырьевого потенциала недр, и экономические факторы, которые к тому же могут сильно меняться во времени, не должны при этом превалировать.

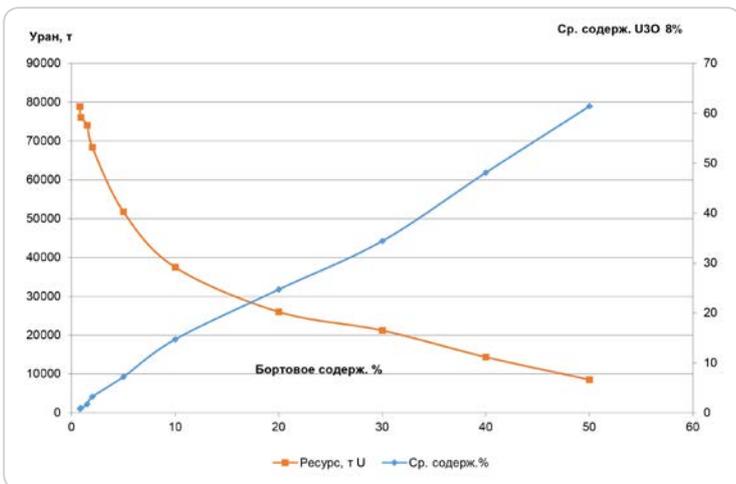
Рассмотрим зависимость величин ресурсов и средних содержаний от принимаемых значений бортового лимита на примере ряда зарубежных месторождений урана, изученных к настоящему времени достаточно детально. Выбор данного вида сырья определяется чрезвычайным разнообразием геологических типов месторождений этого металла, при весьма широком диапазоне его концентрации в рудах.

На *рис. 1* представлены графики изменения величин ресурсов и среднего содержания урана в руде при варьировании бортовым показателем на месторождении Ариченг (*Aricheng*) в Гайане (владелец – *U3O8-corporation*) [2].

Данное месторождение относится к типу ураноносных натровых метасоматитов (альбититов) и представлено крутопадающими залежами относительно убогих вкрапленных руд в гранитах.

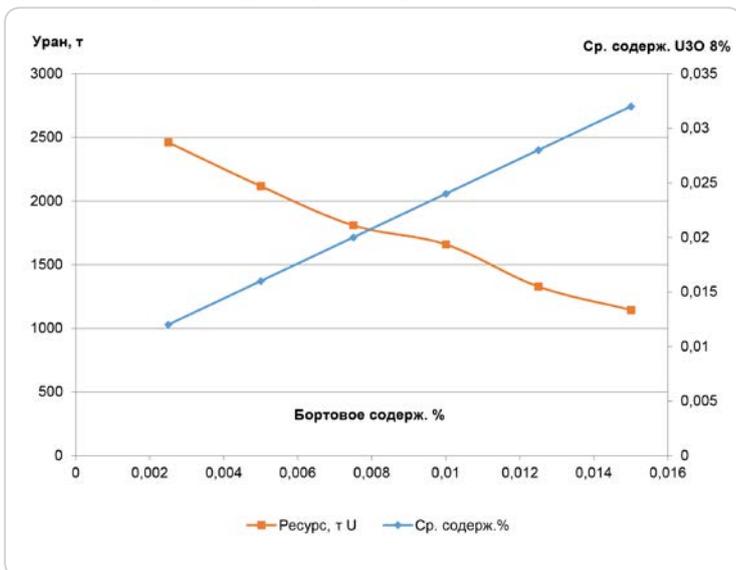


**Рис. 1.**  
Графики зависимости величины ресурсов и среднего содержания от принимаемого бортового (месторождение урана Ариченг, Гайана)



**Рис. 2.**  
Графики зависимости величины ресурсов и среднего содержания от принимаемого бортового (месторождение урана Феникс, Канада)

**Рис. 3.**  
Графики зависимости величины ресурсов и среднего содержания от принимаемого бортового (месторождение урана Корачапи, Перу)



Как видно из рисунка, пересечение графиков ресурсов и среднего содержания на этом месторождении соответствует значению бортового 0,039%. При таком бортовом ресурсы урана составляют около 7500 т, а среднее содержание – 0,075%. Экономические расчеты показали, что бортовой лимит может быть понижен до 0,03%, что обеспечивает прирост ресурсов до 8000 т (на 6,6%), при снижении среднего до 0,07%, т.е. на те же 6,6%. Указанные изменения можно полагать незначимыми.

В то же время, при современном низком уровне цен на уран, данное месторождение рассматривается лишь как резервное, в расчете на ожидаемое улучшение экономической ситуации.

На рис. 2 представлен аналогичный график по месторождению Феникс (*Phenix*) в районе Атабаска, Канада (владелец – компания *Denison Mining*). Месторождение относится к т.н. типу «несогласия» и представлено слепыми залежами ультрабогатых руд, залегающими на глубинах более 500 м [3].

Как видно из рисунка, пересечение графиков ресурсов и среднего содержания наблюдается здесь при значении бортового лимита 18%.

При таком значении бортового ресурсы месторождения оцениваются в 30 тыс. т, а среднее содержание достигает 22%. Ясно, однако, что для такого редкого металла, как уран, руды с содержанием на уровне целых процентов, не могут быть оставлены в недрах. Действительно, экономические расчеты показали, что бортовой лимит на данном месторождении должен быть выбран на уровне 0,8%.

При данном лимите ресурсы месторождения возрастают до 78 тыс. т (более чем в 2,5 раза), в то время как среднее содержание сохраняется на уровне около 1%, т.е. более чем в 10 раз превышает среднее содержание по рассмотренному выше Ариченгу. Этот выбранный лимит все же очень высок, но и горнотехнические условия месторождения Феникс уникальны по сложности: подземная добыча в условиях неустойчивых, сильно обводненных пород, при необходимости специальных мер по предотвращению радиационной опасности. Следует отметить, что в современных условиях низких цен, даже это месторождение рассматривается как резервное, и сроки его возможного освоения остаются пока неопределенными.

На рис. 3 демонстрируется подобный график для еще одного месторождения – Корачапи (*Corachapi*) в районе Макусани в Перу (владелец компания *Yellow Cake*) [4]. Месторождение представлено пластовыми залежами убогих вкрапленных руд в неогеновых вулканитах.

Как видно из рисунка, геологический оптимум бортового лимита на этом месторождении соответствует 0,0075%. При этом значении ресурсы месторождения составляют около 1700 т, при среднем содержании 0,02%. В районе выявлено еще несколько подобных месторождений, совокупные ресурсы которых представляются достаточно крупными. Относительно простые горнотехнические условия и возможность переработки руд кучным выщелачиванием определяют интерес к этим объектам, как потенциальному новому источнику урана, несмотря на низкое содержание. Экономическими расчетами подтверждена возможность рентабельной отработки руд при бортовом содержании 0,0075%, при условии подъема цен до уровня, который представляется реальным в ближайшем будущем. Таким образом, в данном примере геологический и экономический оптимумы бортового совпадают.

Рассмотренные примеры показывают, что зарубежные компании, осуществляющие геологоразведочные работы на уран, отнюдь не ставят себе каких-то исходных условий по выявлению объектов с заданными параметрами, что иногда практикуется при выдаче госзаказов у нас. Компаниями осуществляется тотальное изучение всех выявляемых проявлений минерализации в самых различных районах мира, с доведением объектов до стадий *pre-feasibility* и *feasibility* оценок, даже при неопределенных перспективах освоения.

Геологический оптимум соотношения величин ресурсов и средних содержаний на разных месторождениях оказывается различным и варьирует в широких пределах. В зависимости от характера зависимости параметров от величины бортового, экономически обоснованный лимит может совпадать или быть близким к геологическому оптимуму, т.е. значению, отвечающему пересечению графиков ресурсов и средних содержаний, или отличаться от него.

Зависимости параметров месторождений от бортового содержания в целом не линейны. Однако в узком диапазоне бортового вблизи от геологического оптимума показателя, они могут полагаться линейными.

Прогрессирующий рост градиента графика ресурсов в области малых значений бортового (меньше геологического оптимума), может служить указанием на целесообразность понижения бортового от этого значения. Такую картину мы наблюдаем на примере месторождения Феникс (рис. 2).

## **Географо-экономические условия разрабатываемых и вновь открытых месторождений часто несопоставимы, а именно эти условия нередко оказываются определяющими для экономических показателей**

Напротив, увеличение градиента этого графика в области высоких значений бортового лимита указывает на нецелесообразность его повышения, как это имеет место на месторождении Ариченг (рис. 1).

В целом анализ зависимости параметров месторождений от принимаемых бортовых лимитов, с построением соответствующих графиков, следует полагать обязательным элементом геологических отчетов по оценке прогнозных ресурсов *P1* рудных месторождений, близких по характеристикам к рассмотренным урановым. При современной вычислительной технике подобные расчеты практически не требуют дополнительных трудозатрат.

Автор даже полагал бы, что на ранних стадиях оценки объектов главным фактором оценки результативности исполнителей работ должно считаться именно выяснение характера зависимости основных параметров месторождения от принимаемого лимита, а не соответствие величины ресурсов, исчисленных исходя из некоторой его фиксированной величины, установленному заданию по приросту. Месторождения, находящиеся на ранних стадиях изучения, как правило, реально могут быть вовлечены в освоение спустя значительное время, в течение которого, как экономика данного сырья, так и параметры объекта могут кардинально измениться. <sup>(1)</sup>

### **Литература**

1. Барабошкин Е.Ю. Практическая седиментология (терригенные коллекторы). Томский политехнический университет. Центр 1. Методические рекомендации по составу и правилам оформления материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов, представляемых на государственную экспертизу. Роснедра. М. 2007.
2. A Technical Review of the Aricheng uranium deposit in Western Guyana for U3O8-corporation. Watts, Griffiths and McQuat consulting geologist and engineers. Toronto, Canada. Jan. 2009.
3. Technical Report on the mineral resources estimate update for the Phenix uranium deposit. Saskatoon. Canada. RPA incorporated. June 2014.
4. Technical Report on the Corachapi and Kihitian uranium properties, Macusani district, Peru. Macusani Yellowcake inc. Toronto, Canada. Feb. 2012.