



Ф.З. Хафизов
д-р геол.-мин наук
НАЦ РАН им.В.И. Шпилъмана
главный научный консультант
khafizov@crru.ru

Подтверждаемость запасов при переводе в более высокие категории на примере месторождений Западной Сибири

1. Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилъмана. Россия, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 75.

Автор исследует проблему подтверждаемости запасов при повышении их изученности. Коэффициент подтверждаемости запасов при переводе их в более высокие категории зависит от многих факторов, наиболее значимыми из которых являются величина запасов залежей, время их открытия и его соотношение с историей изучения и освоения ресурсов региона

Ключевые слова: запасы и ресурсы нефти; коэффициент подтверждаемости; методы оценки подтверждаемости

Для исследования проблемы подтверждаемости запасов при повышении их изученности автором принят ряд условий, при соблюдении которых могут быть получены переводные коэффициенты, позволяющие привести запасы разных категорий к единому знаменателю. Эти условия следующие:

– цифры запасов для анализа используются исключительно официально учтенные, т.е.

из Государственного баланса. Это условие позволит обеспечить проверяемость полученных результатов, т.к. любой исследователь может, используя те же методы анализа, что и автор, получить соответствующие коэффициенты;

– за «истинные» величины запасов принимается их состояние на последнюю дату исследования;

– при наличии случаев неоправданного завышения или занижения запасов в процессе

геологоразведочных работ вносятся соответствующие поправки.

Изменение структуры запасов и ресурсов месторождений и залежей в процессе ГРП происходит в следующей последовательности:

$$\begin{array}{ccccccc}
 & C_2 & & C_1 & & & \\
 & \uparrow & & \uparrow & & & \\
 C_3 \cdot x & \rightarrow & C_2 \cdot y & \rightarrow & C_1 \cdot z & \rightarrow & AB
 \end{array}$$

1. Перспективные ресурсы C_3 поискового объекта после бурения первой скважины на площади и выявления залежи переводятся с некоторым коэффициентом подтверждаемости x в запасы категории C_2 , часть из которых переводятся в категорию C_1 с коэффициентом y , а другая часть остается в балансе запасов в виде категории C_2 .

2. Часть запасов категории C_1 в процессе дальнейшей разведки переводится в извлекаемые запасы категорий $A+B$ с коэффициентом z , другая часть остается в балансе запасов в виде категории C_1 .

3. Из запасов категорий $A+B$ идет добыча, запасы списываются с коэффициентом 1, оставшаяся часть учитывается в балансе в виде категорий $A+B$.

Подтверждаемость ресурсов категории C_3

Оценка подтверждаемости перспективных ресурсов категории C_3 осуществляется путем сопоставления их величины до выявления залежей с начальными запасами суммы категорий ABC_1C_2 . При этом возможны несколько вариантов. В данной работе принят вариант,

когда сопоставляются ресурсы C_3 перспективных структур и неструктурных ловушек с запасами промышленных категорий только по тем объектам, по которым до ввода их в поисковое бурение были оценки ресурсов C_3 . При этом суммарные запасы промышленных категорий складываются, естественно, только по выявленным залежам, а ресурсы C_3 суммируются по всем перспективным объектам, введенным в поиск за отчетный период, в том числе и по тем, в пределах которых залежи не выявлены.

В качестве коэффициента подтверждаемости ресурсов категории C_3 принимается отношение начальных запасов категорий ABC_1C_2 определенной группы залежей, объединенных по некоторым признакам и имевших на дату ввода в поиск оценку ресурсов C_3 , к сумме ресурсов категории C_3 перспективных объектов, входящих в ту же группу.

С целью анализа динамики различных параметров залежей нефти во времени, для выявления закономерностей процесса их разведки и освоения, определения коэффициента подтверждаемости, прослежена история их изучения за весьма длительный период: с 1960 г. – даты открытия первого в Ханты-Мансийском автономном округе месторождения – Трехозерного – до настоящего времени. Динамика запасов и различных параметров залежей прослежены во времени как по отдельным объектам, так и по группам объектов, объединенным по различным параметрам, таким, как размер залежей, их глубина, время их открытия, величина толщины коллекторов, их пористости и проницаемости, принадлежность к определенным продуктивным комплексам и т.д. Во избежание попадания

Таблица 1.
Результаты расчетов коэффициента подтверждаемости перспективных ресурсов по залежам

| Параметр для группирования | Диапазон изменения параметра | Коэффициент подтверждаемости, min | | Коэффициент подтверждаемости, max | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | | На дату открытия залежей | По состоянию на 2014 г. | На дату открытия залежей | По состоянию на 2014 г. |
| Продуктивный комплекс | Сеноманский–среднеюрский | 0,83 | 0,47 | 6,5 | 8,5 |
| Время открытия залежей | 1960–2005 | 0,67 | 0,73 | 5 | 46 |
| Размеры залежей | 0,3–300 | 0,19 | 0,03 | 5,8 | 20 |
| Глубина залежей | 1500–3000 | 0,33 | 0,93 | 2 | 12 |
| Толщина коллекторов | 2–15 | 0,86 | 0,56 | 51 | 129 |
| Коэффициент пористости | 0,15–0,3 | 2,46 | 3,33 | 13 | 50 |
| Коэффициент проницаемости | 10–500 | 2,5 | 4,2 | 12 | 31 |

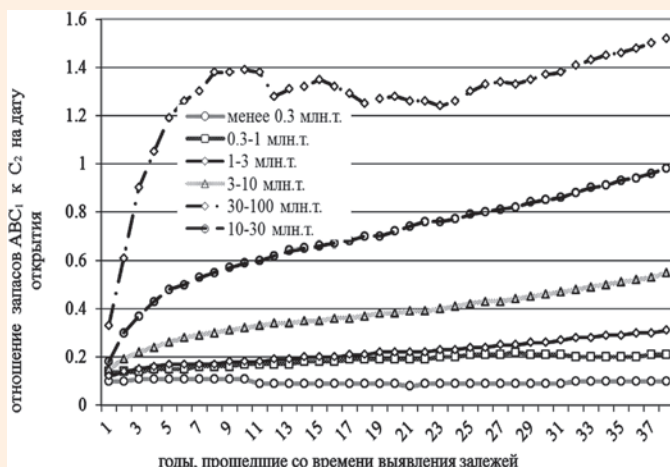
в группы залежей с различным состоянием изученности (только выявленных и находящихся в разработке длительное время) запасы их приведены к единому году с начала выявления залежей.

Ниже в *таб. 1* приведены результаты расчетов коэффициента подтверждаемости перспективных ресурсов по залежам, сгруппированным по вышеперечисленным параметрам. Из данных, приведенных в таблице, видно, что в зависимости от группы залежей, величина этого коэффициента изменяется в неправдоподобном, на первый взгляд, диапазоне: от 0,03 для мелких залежей с запасами до 0,3 млн т и до 129 по залежам со средней толщиной коллекторов более 15 м. Реальность этих цифр можно продемонстрировать на следующем примере. По Урьевскому месторождению по пластам АВ₁₋₂ ресурсы по категории С₃ до ввода площади в поисковое бурение были оценены в количестве 79 тыс. т, а к настоящему времени запасы соответствующей залежи определены в количестве 87 млн т, т.е. возросли более чем в тысячу раз.

Подтверждаемость запасов категории С₂

После выявления залежи и подсчета запасов по категориям С₁ и С₂ в процессе разведочных работ, доразведки и в процессе разработки месторождений происходит дальнейшее изменение структуры запасов: увеличение или уменьшение количества запасов, повышение доли высоких категорий (АВС₁) и уменьшение доли низких (С₂). Для оценки подтверждаемости запасов категории С₂ при переводе их в С₁, В и А автором предложены несколько методических приемов: математический, аналитический и корреляционный.

Рис. 1. Динамика коэффициента подтверждаемости для мелких и средних залежей



Математический метод основан на решении системы уравнений, в которых в качестве неизвестных приняты коэффициенты подтверждаемости x (при переводе ресурсов С₃ в запасы С₂), y (перевод запасов С₂ в запасы С₁) и z (перевод запасов С₁ в начальные запасы АВ), а коэффициентами при неизвестных являются значения ресурсов и запасов по состоянию на разные даты. Для трех неизвестных можно составить три уравнения на три разные даты. Решая эту систему уравнений можно получить значения неизвестных, т.е. соответствующих коэффициентов подтверждаемости.

Для гипотетического случая с постоянными во времени величинами неизвестных (коэффициентов подтверждаемости) решение системы уравнений позволяет получить заданные значения неизвестных. Однако в реальных условиях значения коэффициентов подтверждаемости изменяются во времени в широких пределах, и полученные расчетные значения коэффициентов для одной и той же группы залежей колеблются в весьма широких пределах, что не позволяет использовать эти данные для оценки достоверности запасов.

Аналитический метод базируется на анализе динамики величин и структуры запасов залежей за определенный период поисково-разведочных работ. В анализе участвуют данные о динамике запасов практически всех нефтяных и нефтегазовых залежей, по которым прослеживается состояние запасов разных категорий в течение всего периода, прошедшего со времени открытия залежей.

Расчет подтверждаемости осуществлялся в следующей последовательности. За начальные запасы категории С₂ принимаются запасы залежей по состоянию на первый год открытия. Начальные запасы залежей, полученные таким образом, сравниваются с начальными запасами промышленных категорий АВС₁ тех же залежей по состоянию на последующие даты истории залежей. Результаты выполненных расчетов практически по всем выделенным для анализа группам показывают, что коэффициенты подтверждаемости запасов в течение длительного времени не остаются постоянными. Имеет место постоянный рост этих коэффициентов, что свидетельствует о том, что при анализе подтверждаемости за небольшой срок могут быть получены существенно искаженные результаты.

На *рис. 1* отражена динамика коэффициента подтверждаемости для мелких и средних залежей. По залежам с начальными извлека-

емыми запасами до 0,3 млн т подтверждаемость за всю историю «жизни» таких залежей не превышала 0,1, т.е. при первоначальной оценке их запасы были завышены в 10 и более раз. Для следующей группы (0,3–1 млн т) коэффициент подтверждаемости достигает 0,2 (завышение в 5 раз), для залежей с запасами 1–3 млн т – 0,3 (трехкратное завышение), для залежей с запасами в диапазоне 3–10 млн т через 40 лет после открытия – 0,55, а по залежам с запасами 10–30 млн т – 1,0. И только по более крупным залежам (запасы в интервале 30–100 млн т) при первоначальной оценке запасы были занижены в 1,5 раза. Для крупнейших и уникальных залежей, запасы которых находятся в диапазоне 100–1000 млн т, при первоначальной оценке запасы были занижены в 3,4–33 раза.

Безусловно, трудно представить, что в зависимости от величины запасов залежей ошибки их первоначальной оценки могут различаться от 10 крат в сторону завышения до 30 крат в сторону занижения. Реальность этих цифр можно показать на примерах. По пласту Ю₁₀ Большого месторождения в 1985 г. запасы по сумме категорий С₁+С₂ оценены в количестве 11,6 млн т. Через 20 лет запасы категории С₁ этой залежи составили 0,18 млн т, т.е. в 64 раза меньше. Аналогичные примеры можно привести и по крупнейшим залежам, по которым запасы при первоначальной оценке были многократно занижены. Так, по залежи пласта АВ₁ Самотлорского месторождения на дату открытия (1965 г.) оценка запасов по категории С₂ составила 22,5 млн т, на сегодня начальные запасы этой залежи по сумме категорий АВС₁С₂ составляют 1006 млн т, т.е. в 45 раз больше.

В *табл. 2* приведены результаты расчета подтверждаемости запасов аналитическим методом.

По предложенной методике можно оценить только подтверждаемость запасов категории С₂, а на практике часто требуется оценить этот параметр и для более высоких категорий, например, соотношение накопленной добычи и суммы запасов АВС₁С₂. В этих случаях положительные результаты дает метод корреляции запасов различных категорий.

Корреляционный метод основан на парной корреляции двух групп категорий запасов в динамике, например накопленной добычи с суммой запасов АВС₁С₂. При этом будет установлено, какое количество запасов АВС₁С₂ будет списано на единицу добычи. При этом, естественно, не удастся определить коэффициент подтверждаемости, например, запасов С₁ при их переводе в категорию В в чистом виде, т.к. сопоставляется одна группа категорий с другой группой. Но при этом, во-первых, исключается осложняющее действие взаимных незакономерных переходов из одних категорий в другие в составе сопоставляемых групп, во-вторых, и это главное, не всегда и важно точно знать поправочный коэффициент для пересчета запасов низшей категории в соседнюю более высокую категорию. На практике бывает не столь важно знать, что произойдет с запасами категории В при переводе их в категорию А, как изменятся запасы категории С₁ при переводе их в категорию В. Часто намного важнее знать, какие изменения произойдут, например, с запасами С₂ при переводе их в запасы промышленных категорий, т.е. АВС₁, или как изменятся остаточные запасы

Таблица 2.
Результаты расчета подтверждаемости запасов аналитическим методом

| Параметр для группирования | Диапазон изменения параметра | Кoeffициент подтверждаемости, min | | Кoeffициент подтверждаемости, max | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | | На дату открытия залежей | По состоянию на 2014 г. | На дату открытия залежей | По состоянию на 2014 г. |
| Продуктивный комплекс | Сеноманский–среднеюрский | 0,1 | 0,55 | 0,2 | 6,9 |
| Время открытия залежей | 1960–2005 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 7,1 |
| Размеры залежей | 0,3–300 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 33 |
| Глубина залежей | 1500–3000 | 0,56 | 3,0 | 0,51 | 12,7 |
| Толщина коллекторов | 2–15 | 0,21 | 1,55 | 1,83 | 17,3 |
| Кoeffициент пористости | 0,15–0,3 | 0,26 | 0,82 | 0,31 | 9,4 |
| Кoeffициент проницаемости | 10–500 | 0,27 | 2,1 | 2,9 | 12 |

ABC₁C₂ при добыче. А эта задача достаточно строго решается при помощи корреляционного метода.

Следует обратить внимание на то, что коэффициент подтверждаемости не остается постоянным во времени. В частности, первые несколько лет после открытия запасы месторождений растут по всем категориям, и при переводе запасов, например, из категории C₁

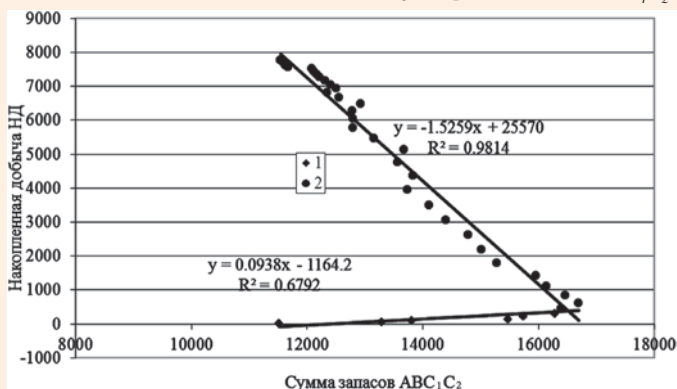
Для получения надежных результатов целесообразно комплексирование аналитического и корреляционного методов, которые дополняют друг друга и дают близкие значения коэффициентов подтверждаемости

в В запасы C₁ не уменьшаются, как следовало бы ожидать, а так же, как и категория В, увеличиваются за счет перевода из запасов более низких категорий, т.е. из C₂ (рис. 2).

Естественно, эти годы выбиваются из общей закономерности, и они из анализа исключаются, т.к. подтверждаемость может быть рассчитана только в случае прироста запасов высших категорий за счет перевода из запасов низших категорий.

На рис. 3 представлено сопоставление величин коэффициентов подтверждаемости запасов категории C₂ при переводе их в промышленные категории ABC₁, подсчитанных аналитическим и корреляционным методами для залежей разного размера, из которого явствует высокая сходимость результатов при весьма широком диапазоне изменения значений.

Рис. 2. Сопоставление накопленной добычи и суммарных запасов ABC₁C₂



Сопоставляя три разработанных и опробованных метода оценки подтверждаемости запасов при переводе их в более высокие категории, можно отметить следующее:

– математический метод, несмотря на всю обоснованность и логичность, для практики неприменим в связи с межкатегорийными переходами, учет которых сложен и не представляет практического интереса. Полученные данные нестабильны и имеют большой разброс значений;

– аналитический метод дает достоверные результаты, однако применим только для оценки подтверждаемости запасов категории C₂. Оценить по этому методу подтверждаемость запасов более высоких категорий невозможно;

– корреляционный метод позволяет достаточно строго и надежно определить подтверждаемость запасов одной группы категорий запасов в другую группу во всем диапазоне изменения категорий. Ограничением этого метода является то, что он неприменим для случаев одновременного прироста или списания обеих сопоставляемых групп запасов, как это имеет место для мельчайших залежей (двойное списание) и для сверхкрупных (двойной прирост);

– для получения надежных результатов целесообразно комплексирование аналитического и корреляционного методов, которые дополняют друг друга и дают близкие значения коэффициентов подтверждаемости.

Выполненный анализ позволил объективно оценить этот очень важный параметр и показать, что он не является одинаковым для разных продуктивных комплексов и не остается постоянным. Единого коэффициента перевода запасов низких категорий в высшие нет и не может быть. Коэффициент подтверждаемости запасов при переводе их в более высокие категории зависит от многих факторов, наиболее значимыми из которых являются величина запасов залежей, время их открытия и его соотношение с историей изучения и освоения ресурсов региона. Немаловажными являются и качества конкретных личностей, руководивших геологоразведочными работами и комиссиями по запасам, в частности уровень их оптимизма в оценке ресурсов и запасов.

Подтверждаемость запасов категории C₁ при переводе их в категорию В

Оценка коэффициента подтверждаемости запасов категории C₁ может быть осуществлена на основе тех же принципов, которые были использованы автором для обоснования

подтверждаемости запасов C_2 при переводе их в C_1 .

Частное от деления суммы начальных запасов ABC_1 на начальные запасы C_1 в динамике будет характеризовать изменение величины запасов C_1 при переводе их в категорию В.

В отличие от подтверждаемости ресурсов C_3 и запасов категории C_2 при переводе их в более высокие категории, которые характеризуются весьма большим разбросом значений (от 0,47 до 8,53 для ресурсов C_3 и 0,5–7 для запасов C_2), полученные данные свидетельствуют о взвешенности и надежности оценок запасов категории C_1 , в результате чего коэффициент их подтверждаемости стабилен и по большинству продуктивных комплексов близок к единице. Аномально высокий коэффициент выявлен только по пластам группы АВ Нижневартовского свода, причиной чего являются результаты пересчета запасов Самотлорского месторождения. При утверждении запасов нефти этого месторождения одновременно с повышением их категорийности в пластах АВ₁₋₅ одновременно произошло существенное увеличение их величин.

Время открытия залежей в отличие от подтверждаемости ресурсов C_3 и запасов C_2 , на перевод запасов C_1 в категорию В влияет несущественно: этот коэффициент колеблется в интервале 1–1,2. Максимальные величины подтверждаемости запасов C_1 (более

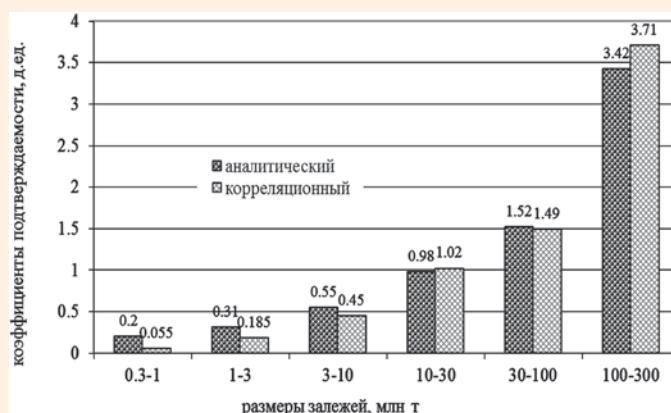


Рис. 3.

Сопоставление величин коэффициентов подтверждаемости запасов категории C_2 при переводе их в промышленные категории ABC_1 , подсчитанных аналитическим и корреляционным методами для залежей разного размера

1,2) отмечены для залежей, выявленных в начале ГРП в Среднем Приобье в 1961–1965 гг., и в 1991–1995 гг.

Только один параметр, а именно – размер залежей, играет существенную роль при оценке коэффициентов подтверждаемости запасов C_1 при переводе их в категорию В. Так же, как и по ресурсам C_3 и запасам C_2 , отмечается заметная недооценка запасов крупных залежей: при переводе в высшие категории запасы их возросли в 1,67 раза, тогда как по мелким залежам (с запасами менее 0,3 млн т), наоборот, уменьшились более чем вдвое. (10)

Литература

1. Хафизов Ф.З. Анализ запасов нефти. Тюмень, ТюмГНГУ. 2015. 360 с.

UDC 553.04

F.Z. Khafizov, Doctor of geological and mineralogical sciences, Chief scientific adviser V.I. Shpilman research and analytical centre for the rational use of the subsoil¹, khafizov@crru.ru.

1. Chief scientific adviser V.I. Shpilman research and analytical centre for the rational use of the subsoil. 75, Malygin street, PO box 286, Tyumen, 625026, Russia.

Confirmability stocks when translating into higher category on an example of deposits of Western Siberia

Abstract. The author investigates the problem of verifiability reserves by increasing their scrutiny. Ratio of stocks verifiability when translated into higher categories depends on many factors, the most significant of which are the size of stocks of deposits, the time of their discovery and its relationship to the history of exploration and development of resources in the region

Keywords: oil reserves and resources; factor verifiability; evaluation methods verifiability

References

1. Khafizov F.Z. *Analiz zapasov nefi* [Analysis of the oil reserves]. Tyumen', TiumGNGU Publ., 2015, 360 p.