

Исследования по оценке запасов нефтяных залежей объемным методом для разработки месторождений Туркменистана

А.Р. Деряев✉

Научно-исследовательский институт природного газа ГК «Туркменгаз», г. Ашгабат, Туркменистан

✉ annagulyderyayew@gmail.com

Резюме: Промышленная оценка природных скоплений любого вида минерального сырья является завершающим этапом геологоразведочных работ и основой проектирования разработки месторождений полезных ископаемых. В связи с этим основные требования и задачи промышленной оценки месторождений нефти и газа определяются необходимостью получения в процессе разведки и опытно-промышленной разработки залежи таких данных, на основании которых можно экономически оправданно, с максимальной детальностью осветить геологическое строение залежи, оценить ее запасы и составить проект рациональной разработки.

Нефтепромысловая наука и практика разработали ряд методов для подсчета запасов полезных ископаемых. Каждый из этих методов может быть применен на определенной стадии освоения и разработки залежей.

Основным и наиболее универсальным методом подсчета запасов нефти является объемный метод, который с различной степенью точности может быть применен на любой стадии освоения и разработки залежей.

Важность объемного метода подсчета запасов обусловлена еще и тем, что исследование геологических особенностей строения залежи в целях установления ее формы, размеров, характера коллекторов, их насыщенности и т.д., лежащее в основе объемного метода, является логическим завершением производства геологоразведочных работ, а определение практически всех параметров объемного метода необходимо также и для составления проекта разработки. Целями данного научного анализа были определение отличий и оценка преимущества применения объемного метода подсчета запасов нефти и газа в Юго-Западном Туркменистане. Широкое применение объемного метода стало решением данной проблемы, так как он учитывает изменения в залежах в процессе эксплуатации, что делает оценку запасов более надежной. Использование данного метода также может увеличить достоверность прогнозирования тенденции изменения запасов нефти и газа в перспективе, повышая точность прогнозов извлечения углеводородов, усовершенствования разработки месторождений и результативное планирование капиталовложений.

Ключевые слова: геологическая информация, подсчет запасов, дебит скважин, характеристика залежи, геологоразведочные работы

Для цитирования: Деряев А.Р. Исследования по оценке запасов нефтяных залежей объемным методом для разработки месторождений Туркменистана. *Горная промышленность*. 2024;(5):86–93. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5-86-93>

Studies to estimate oil reserves using the volumetric method for the development of Turkmenistan's fields

A.R. Deryaev ✉

The State Concern "Turkmengaz", Ashgabat, Turkmenistan

✉ annagulyderyayew@gmail.com

Abstract: Industrial estimation of natural accumulations of any type of mineral raw materials is the final stage of geological exploration and it serves as a basis for designing the system for the mineral deposits. In this connection the key requirements and tasks of industrial estimation of oil and gas fields are determined by the need to obtain through exploration and pilot development of the deposit such data that could be used to identify the geological structure of the field, estimate its reserves and perform rational reservoir engineering in an economically justified way and with maximum detail.

Oilfield engineering and practice have developed a number of methods to estimate the reserves. Each of these methods can be applied at a certain stage of the field development.

The main and most universal method of calculating oil reserves is the volumetric method, which can be implemented at any stage of reservoir development with varying degrees of accuracy.

The importance of the volumetric method of reserve estimation is also explained by the fact that the study of geological features

of the field structure in order to determine its shape, size, nature of reservoirs, their oil content, etc., which is the basis of the volumetric method, is the logical conclusion of geological exploration, while determination of almost all the parameters of the volumetric method is also necessary for the development project. The purpose of this scientific analysis was to identify the differences and evaluate the advantages of applying the volumetric method for estimating oil and gas reserves in Southwest Turkmenistan. The widespread use of the volumetric method has become a solution to this problem because it takes into account the changes in the reservoirs during exploitation, which makes the estimation of reserves more reliable. Application of this method can also increase the reliability of predicting the trend of changes in oil and gas reserves in the future, improving the accuracy of hydrocarbon recovery forecasts, improving the field development and making capital investment planning more efficient.

Keywords: geological data, reserves estimation, well flow rate, reservoir characteristics, geological exploration

For citation: Deryaev A.R. Studies to estimate oil reserves using the volumetric method for the development of Turkmenistan's fields. *Russian Mining Industry*. 2024;(5):86–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5-86-93>

Введение

В условиях постоянно растущего мирового спроса на энергоресурсы и стремительно меняющегося геополитического окружения эффективное освоение и добыча нефти становятся ключевыми стратегическими задачами для многих стран. Туркменистан, обладающий значительными запасами углеводородов, в том числе нефти, играет важную роль на энергетической карте мира. Однако для максимального извлечения потенциала своих месторождений необходимо внедрение современных технологий и методов оценки запасов.

Объемный метод оценки залежей нефти представляет собой один из таких современных подходов, позволяющих более точно определить объемы запасов и структуру месторождений. В связи с этим проведение исследований по промышленной оценке залежей нефти объемным методом в Туркменистане представляет собой важный шаг в направлении оптимизации добычи и улучшения экономической эффективности нефтегазового сектора страны.

Проблематика промышленной оценки залежей нефти объемным методом в Туркменистане обширна и включает в себя ряд ключевых аспектов. Уникальные геологические особенности месторождений Туркменистана, такие как разнообразие структур и характеристик скважин, создают вызовы в адаптации и применении современных методов оценки запасов нефти. Требуется также обеспечение безопасности и экологической устойчивости процесса добычи нефти, что подразумевает разработку инновационных технологий и строгий контроль за эксплуатацией. В условиях динамично меняющейся геополитической обстановки и конкуренции на мировом рынке энергоресурсов успешное освоение и добыча нефти в Туркменистане играют стратегическую роль в обеспечении энергетической безопасности региона и укреплении экономических позиций страны.

Использование объемного метода позволяет быстро и относительно просто проводить первичную оценку запасов нефти и газа на месторождениях. Этот метод основывается на объемных характеристиках залежей и позволяет быстро выявить их потенциальные объемы. Также отмечается, что объемный метод обладает достаточной гибкостью для адаптации к различным геологическим условиям и типам месторождений. Это позволяет применять его на различных этапах исследования, начиная от начальной разведки и заканчивая более детальной эксплуатацией месторождения [1; 2].

Метод материального баланса может обеспечить более детальное и комплексное понимание динамики измене-

ния запасов нефти и газа в процессе их добычи и эксплуатации месторождения. Этот метод позволяет учитывать различные факторы, такие как изменения дебита скважин, притоки и потери нефти и газа, что способствует более точной оценке текущих запасов и предсказанию их будущего состояния. Также отмечается, что метод материального баланса позволяет учитывать изменения в физических и геологических условиях месторождения, что может значительно повлиять на его производительность и оценку запасов [3; 4].

В исследовании А. Mustafayev и других также отмечается, что метод материального баланса имеет ряд преимуществ, включая возможность учесть изменения в добыче и в физических свойствах залежей, что делает его более гибким и точным инструментом для оценки запасов нефти и газа. Кроме того, особенно подчеркивается, что этот метод позволяет интегрировать различные виды данных, такие как геологическая информация, данные о скважинах и производственные данные, способствуя комплексному анализу и более точной оценке [5].

Основная цель данного исследования состоит в выявлении расхождений и оценке эффективности использования данного метода в регионе Юго-Западного Туркменистана.

Материалы и методы

Методы, которые использовались в ходе исследования, включали в себя объемный метод промышленной оценки залежей нефти, статистический метод, сравнительный метод, а также анализ. Такой комплексный подход позволил получить более всестороннее представление о применимости и надежности объемного метода оценки запасов нефти.

С помощью объемного метода в ходе данной работы были собраны и обработаны данные о геологической структуре и характеристиках месторождений нефти в регионе Юго-Западного Туркменистана. Затем была разработана методика применения объемного метода для оценки запасов нефти на этих месторождениях, включая учет различных параметров, таких как пористость, проницаемость и геометрия залежей. На основе собранных данных с использованием объемного метода был выполнен расчет запасов нефти. Этот процесс включал оценку объемных характеристик залежей и их соотношений с геологическими параметрами для определения потенциальных объемов запасов.

Для ручного подсчета запасов, основанного на инте-

гральном уравнении объемного метода, исследование было проведено на материалах горизонтов III, IIIa и IV месторождения Западного Готурдепе. Этот процесс включал в себя построение карт распределения произведений параметров, которые оказывают наибольшее влияние на оценку запасов как по площади, так и по мощности. Дополнительно проводилась проверка сходимости оценок запасов при одних и тех же исходных данных на указанных материалах. Особое внимание уделялось воздействию закономерностей изменения параметров по площади и мощности на запасы, включая коэффициенты пористости и нефтенасыщенности, а также нефтенасыщенную мощность. Сбор этих данных позволил более точно оценить влияние различных факторов на итоговые значения запасов нефти и обеспечить достоверность результатов расчетов.

Статистический метод был использован для систематизации данных, полученных в ходе исследования, чтобы оценить различия между результатами применения объемного метода и метода материального баланса. После сбора и обработки данных о запасах нефти в Юго-Западном Туркменистане статистический метод позволил определить средние значения, диапазоны и стандартные отклонения оценок запасов, полученных каждым из этих методов. Это позволило выявить существенные различия в результатах и оценить степень недооценки запасов при использовании объемного метода. Также статистический метод был применен для определения степени достоверности различий и для подтверждения значимости полученных результатов, что повысило доверие к выводам исследования.

Сравнительный метод использовался для сравнения эффективности применения объемного метода оценки запасов нефти в Юго-Западном Туркменистане. Этот метод включал сопоставление результатов, полученных с помощью объемного метода, с данными, полученными при использовании других методик, таких как метод материального баланса. Сравнительный метод позволил выявить различия в оценках запасов нефти, полученных разными методами. Это позволило оценить недостатки и ограничения объемного метода и определить его эффективность по сравнению с альтернативными подходами. Благодаря сравнительному методу исследования была получена более объективная оценка применимости объемного метода для оценки запасов нефти и газа в данном регионе.

Детальный анализ, в свою очередь, включал в себя комплексную оценку различных аспектов методики объемного подсчета запасов нефти. В процессе анализа осуществлялось изучение параметров, используемых в методе, таких как пористость, нефтенасыщенность, толщина залежи, геометрия месторождения и другие. Также проводилось исследование влияния различных факторов на результаты оценки запасов, таких как геологические особенности месторождения, уровень эксплуатации скважин, изменения дебитов и другие технические и геологические параметры. В целом этот метод позволил получить глубокое понимание процесса подсчета запасов нефти и газа с использованием объемного метода и выявить его преимущества и ограничения.

Результаты

Промышленная оценка залежей минерального сырья, будь то нефть или газ, представляет собой ключевой этап в процессе освоения месторождений и разработки

стратегий добычи. Основной задачей такой оценки является получение данных, которые позволят с максимальной точностью и детальностью изучить геологическое строение залежи, оценить ее запасы и разработать оптимальные планы добычи. В процессе разведки и опытно-промышленной разработки необходимо собрать и проанализировать разнообразную информацию, чтобы грамотно определить экономическую целесообразность и эффективность дальнейших мероприятий. Только имея полные и достоверные данные, можно разработать проекты разработки месторождений, которые будут успешными с точки зрения как экономической выгоды, так и экологической устойчивости.

Нефтепромысловая наука и практика активно работают над разработкой и совершенствованием методов оценки запасов нефти, что имеет важное значение для эффективного освоения месторождений. Среди различных методов подсчета запасов выделяется объемный метод, который является основным и наиболее универсальным. Этот метод обеспечивает возможность оценки запасов нефти с разной степенью точности на различных этапах освоения и разработки месторождений [6].

Основная суть объемного метода заключается в том, что он позволяет определить объем нефти в залежи на основе геологических данных, таких как геофизические исследования, данные бурения и т.д. Этот метод дает возможность не только оценить общий объем запасов, но и детально изучить структуру и характеристики залежи, что важно для разработки эффективных стратегий добычи. Применение объемного метода также не ограничивается конкретной стадией освоения месторождений, поскольку его можно использовать как на ранних этапах геологоразведочных работ, так и на более поздних этапах разработки и эксплуатации. Это делает его одним из наиболее ценных инструментов для нефтедобычи, обеспечивая компаниям возможность принимать обоснованные решения на всех этапах освоения месторождений и оптимизировать процессы добычи нефти.

Важность объемного метода подсчета запасов нефти и газа также обусловлена не только его универсальностью, но и глубоким анализом геологических особенностей залежи. Одним из ключевых аспектов объемного метода является изучение формы, размеров, структуры коллекторов и насыщенности залежи. Эти данные позволяют не только оценить общий объем запасов, но и разработать эффективные стратегии добычи.

Геологические исследования, лежащие в основе объемного метода, часто являются завершающим этапом в производстве геологоразведочных работ. Это связано с тем, что полученная информация является ключевой для определения параметров разработки месторождений. На основании этих данных разрабатываются проекты добычи, которые учитывают все геологические и технические особенности залежи, обеспечивая оптимальное использование ресурсов и максимальную эффективность добычи нефти и газа [7].

Как показывает мировая практика, точность оценки запасов может существенно варьироваться в зависимости от используемого метода и условий конкретного месторождения. Диапазон точности оценки запасов может быть относительно широким – от 10 до 100% для объемных методов. Эти колебания обусловлены различиями в качестве и объеме доступных данных, степенью достоверности их интерпретации, а так-

же сложностью геологической структуры залежи [8].

Как и на других стадиях, точность оценки запасов может колебаться в пределах от 5 до 30%. Эти колебания могут быть обусловлены различными факторами, такими как изменение условий добычи, технические неполадки или новые данные, полученные в ходе дальнейших исследований [9].

На четвертой стадии развития месторождения наступает период, когда начинает снижаться годовой уровень добычи нефти. На этом этапе особенно важными становятся методы, связанные с состоянием разработки объекта. В частности, применяются метод материального баланса и различные варианты статистического метода, которые базируются на анализе закона падения отборов нефти.

Метод материального баланса позволяет оценить запасы нефти, учитывая изменения в процессе эксплуатации месторождения и объемы добычи. Статистические методы также играют важную роль, основываясь на анализе данных о добыче и позволяя предсказать дальнейшее поведение месторождения. Однако, несмотря на применение различных методов, погрешность оценки запасов на этом этапе может составлять от 5 до 20%. Это связано с тем, что изменения в условиях добычи и технические особенности месторождения могут сказываться на точности оценки [10].

Пятая стадия, истощение залежи, представляет собой конечную фазу разработки месторождения, где темп добычи нефти снижается, а доля воды в продукции значительно возрастает. На этой стадии осуществляется подсчет оставшихся запасов, что имеет решающее значение для планирования заключительных этапов добычи и принятия стратегических решений.

Для оценки запасов на этой стадии применяются различные варианты статистического метода, которые базируются на анализе данных о динамике добычи и закономерностях изменения состава добываемых жидкостей. Эти методы позволяют учесть особенности процесса истощения залежи, что важно для точного определения оставшихся запасов.

Однако, несмотря на точность и адаптивность статистических методов, погрешность подсчета запасов на этой стадии оценивается в среднем от 5 до 10%. Эти колебания связаны с неизбежными непредсказуемыми факторами, такими как изменения в условиях добычи и характеристиках залежи. Точное определение оставшихся запасов на этой финальной стадии имеет важное значение для эффективного завершения процесса разработки и планирования последующих действий по реабилитации месторождения [11].

В процессе освоения нефтяной залежи собираются все более обширные данные, необходимые для подсчета ее запасов. Обычно с увеличением объема данных повышается и точность результатов оценки запасов. Именно поэтому подсчеты проводят периодически и повторно несколько раз, применяя различные методы.

Также, хотя точность подсчета запасов увеличивается по мере прохождения различных стадий освоения, включая стадию истощения залежи, важно понимать, что цифры запасов не являются абсолютными. Даже на этой последней стадии они остаются результатом определенного метода разработки и могут иметь определенную степень неопределенности.

В промышленной практике оценки залежей нефти ши-

роко используются несколько методов, каждый из которых играет важную роль в определении запасов. Однако на сегодняшний день основным и наиболее распространенным методом является объемный подсчет запасов [12]. Этот метод основан на анализе объема нефтегазоносных пород и коэффициентов, оценивающих их насыщенность жидкостью и газом:

$$Q_o = F h m \beta \theta \gamma \eta, \quad (1)$$

где Q_o – начальные извлекаемые запасы нефти; F – площадь нефтегазоносности; h – средняя нефтенасыщенная мощность; m – коэффициент пористости; β – коэффициент нефтенасыщенности пор; θ – пересчетный коэффициент, показывающий объем нефти в поверхностных условиях; γ – плотность нефти; η – коэффициент нефтеотдачи.

Большая часть нефтяных запасов Западной Туркмении сосредоточена в высокопродуктивных залежах, которые находятся в отложениях верхней части красноцветной толщи. Эти залежи играют ключевую роль в нефтедобыче региона, поскольку значительная часть добычи нефти в настоящее время осуществляется именно с них. Одними из таких месторождений являются Готурдепе и Барса-Гельмес (рис. 1), которые считаются одними из наиболее значимых в Туркмении.

В свете этой ситуации крайне важными становятся всестороннее исследование особенностей подсчета запасов нефти в залежах данного комплекса, а также усовершенствование существующих методов оценки запасов, применяемых в таких условиях. Это необходимо для разработки научно обоснованных стратегий по планированию добычи нефти и внедрению эффективной системы разработки месторождений [13].



Рис. 1
 Схема расположения нефтяных и газовых месторождений Юго-Западного Туркменистана

Fig. 1
 A location map of oil and gas fields in South-West Turkmenistan

Учет запасов нефти в Западном Туркменистане требует особого внимания к нескольким факторам, которые определяются уникальными особенностями этого региона. Важным аспектом является особое тектоническое строение, которое оказывает значительное влияние на распределение нефтенасыщений и свойства вмещающих пород. Также необходимо учитывать петрофизические характеристики пород, такие как пористость и проницаемость, которые оказывают влияние на потенциал добычи нефти. Условия разведки и ввода в разработку также играют важную роль, поскольку они определяют доступность технологий, необходимых для эффективной добычи.

Месторождения в Западном Туркменистане расположены на складках брахиантиклинального типа, которые характеризуются сложной структурой и разделены разрывными нарушениями на отдельные блоки. Эти разрывные нарушения играют важную роль в определении границ распространения нефтенасыщенной зоны в месторождениях этого региона. Часто они контролируют распределение нефтенасыщенной части залежи по площади, что делает их ключевыми элементами при анализе и изучении структурной геологии месторождений [14].

Флюиды, присутствующие в залежах верхней части красноцветной толщи в Западном Туркменистане, характеризуются довольно ясной дифференциацией, что облегчает их разделение на водо-, нефте- и газоносные слои. Современные методы промысловой геофизики играют значительную роль в этом процессе, позволяя точно определить границы и характеристики различных типов мощностей.

Результаты работы по оценке и переоценке запасов нефти в данном комплексе отложений свидетельствуют о том, что запасы, рассчитанные с использованием объемного метода, оказались недооцененными. Это объясняется несколькими факторами. Во-первых, отсутствие точных данных о пористости в рыхлых разностях, которые играют ключевую роль в накоплении нефти. Во-вторых, сокращение мощности залежи, вызванное интенсивной эксплуатацией отдельных скважин и участков при разработке месторождения. Эти факторы привели к недооценке запасов и подчеркивают необходимость использования более точных и комплексных методов оценки, чтобы обеспечить достоверность и надежность данных при планировании и управлении добычей нефти.

При использовании объемного метода для подсчета запасов нефти обычно в расчеты вводятся средние значения различных параметров. Однако даже в теоретическом случае, когда эти средние значения точно известны по всей площади залежи, ошибки из-за использования объемной формулы могут быть значительными, достигая нескольких десятков процентов. В реальных условиях ситуация становится еще более сложной, поскольку средние значения параметров определяются на основе данных, полученных от ограниченного числа скважин, чаще всего размещенных на неравномерной сетке. Это приводит к дополнительному увеличению ошибок, так как формула объемного метода не учитывает точное местоположение скважин в залежи [15].

Принимая во внимание вышеперечисленные факты, уравнение (1) записывается в виде тройного интеграла, который учитывает законы изменения каждого параметра по площади (x, y) , а также по мощности (z) :

$$Q_o = \iiint m(x,y,z) \beta(x,y,z) \theta(x,z) \gamma(x,y,z) \eta(x,y,z) dv, \quad (2)$$

где $v = Fh$ – объем залежи.

При взвешивании параметров по мощности уравнение (2) преобразуется в вид двойного интеграла, что отражает более сложную природу распределения нефтенасыщенности в залежи:

$$Q_o = \iint m(x,y,z) \beta(x,y,z) \theta(x,z) \gamma(x,y,z) \eta(x,y,z) dv, \quad (3)$$

Для расчета запасов нефти по указанным уравнениям широко применяются современные электронно-вычислительные машины (ЭВМ). Это позволяет ускорить процесс подсчета и обработки данных, а также значительно снизить вероятность ошибок, связанных с ручными вычислениями. Использование ЭВМ также позволяет проводить более сложные и точные вычисления, включая интегрирование и анализ больших объемов данных, что делает оценку запасов более надежной и эффективной.

Для проведения расчетов на ЭВМ необходимо ввести данные о координатах скважин, а также глубине залегания объекта оценки относительно этих скважин. Дополнительно требуется внести все параметры, полученные из скважин, включая данные о глубинах отбора проб и кернов. Эти сведения о параметрах, взятых на разных уровнях глубины, позволяют более точно оценить характеристики и состав залежи на различных глубинах, что существенно повышает достоверность и точность результатов расчетов. Использование ЭВМ упрощает и ускоряет этот процесс, делая его более эффективным и надежным.

Опыт применения объемного метода и методов, основанных на интегральных уравнениях, для подсчета запасов нефти показал, что разница между результатами может достигать более 20%. Эта разница может быть как положительной, так и отрицательной, что означает как переоценку, так и недооценку запасов. Такие расхождения могут быть вызваны различиями в методологии расчетов, учетом разных параметров и характеристик залежи, а также разными подходами к интерпретации данных, что подчеркивает необходимость внимательного и комплексного подхода при выборе метода подсчета запасов и оценке их достоверности.

Для ручного подсчета запасов исходя из интегрального уравнения объемного метода требуется построение карт распределения произведений параметров, наиболее чувствительных к изменениям как по площади, так и по мощности. Проверка сходимости оценок запасов при одних и тех же исходных данных проводилась на материалах горизонтов III, IIIa и IV месторождения Западного Готурдепе. В данном контексте особое внимание уделялось воздействию закономерностей изменения параметров по площади и мощности на запасы, включая коэффициенты пористости и нефтенасыщенности, а также нефтенасыщенную мощность. Этот анализ позволял более точно оценить влияние различных факторов на итоговые значения запасов нефти и обеспечить достоверность результатов расчетов (рис. 2).

В результате проведенных подсчетов выяснилось, что различие между двумя способами применения объемного метода составляет около $\pm 12\%$.

Подсчет запасов нефти и газа с использованием объемного метода и с применением современных электронно-вычислительных машин представляет собой непростую задачу для Юго-Западного Туркменистана из-за выраженной сложности структуры подсчетных объектов. Особенно это касается проблемы перебитости, связанной

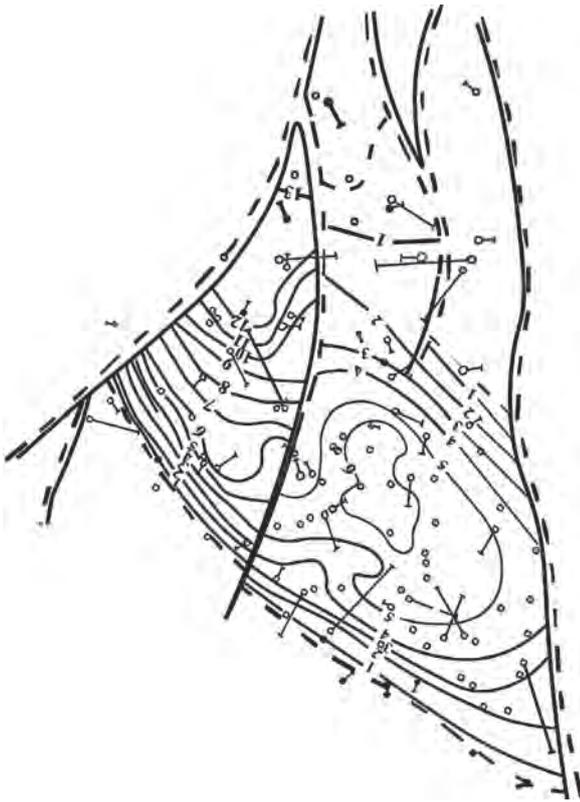


Рис. 2
Карта сходимости оценок
запасов нефти на
месторождении Западный
Готурдепе

Fig. 2
A map of oil reserves
estimation repeatability
at the West Goturdepe field

с тектоническими нарушениями, которые могут являться границами нефтегазоносности. На текущий момент отсутствует программное обеспечение, которое позволило бы автоматически определять эти границы. Поэтому наиболее эффективным подходом будет разделение процесса подсчета запасов на два этапа. Первый этап будет включать построение структурных основ объекта на основе доступной геолого-геофизической информации. А второй этап будет связан с непосредственным подсчетом запасов нефти и газа на основе полученных структурных данных.

Применение такого подхода позволит проводить расчеты для сильно перебитых нефтегазовых резервуаров и снизить влияние субъективных факторов на результаты подсчета. Разделение процесса на два этапа обеспечит более детальное и системное изучение структурных особенностей объекта, что позволит более точно определить границы нефтегазоносности.

Практика подсчета и пересчета запасов нефти в верхнекрасноцветных отложениях выявила, что объемный метод часто недооценивает запасы. Это обусловлено отсутствием точных данных о пористости в рыхлых разностях, где поры обладают наибольшей заполняемостью. Кроме того, интенсивная эксплуатация отдельных скважин может привести к сокращению толщины залежи. В результате для определения начальных балансовых запасов и анализа разработки в Юго-Западном Туркменистане стал активно применяться метод материального баланса. Этот метод позволяет учесть изменения в залежах в процессе эксплуатации, что делает оценку более точной и надежной.

Обсуждение

Исследования в области оценки запасов нефти и газа являются важнейшим аспектом в сфере энергетики, поскольку эти ресурсы играют центральную роль в мировой экономике и обеспечивают энергетическую безопасность многих стран. Точная оценка запасов нефти и газа необходима для разработки стратегий долгосрочного планирования добычи и инвестиционных решений, что, в свою очередь, имеет прямое влияние на стабильность и процветание глобальной энергетической индустрии.

Понимание объемов и качества запасов нефти и газа является ключом к эффективному использованию этих ресурсов и обеспечению их устойчивой добычи в будущем. Оценка запасов определяет стратегии развития месторождений, позволяет предсказать и минимизировать риски при реализации проектов, а также оптимизировать добычу с учетом изменяющихся рыночных условий и технологических возможностей.

Одними из основных вызовов при оценке запасов нефти и газа являются сложность геологических структур и изменчивость параметров в залежах. Необходимо учитывать различные факторы, такие как геологическое строение, петрофизические свойства пород, технологические возможности добычи и другие параметры, влияющие на запасы. Точная оценка запасов нефти и газа также имеет важное значение для устойчивого развития энергетической отрасли и снижения экологического воздействия. Предсказуемость и эффективность добычи позволяют оптимизировать использование этих ресурсов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Постоянное совершенствование методов оценки запасов нефти и газа играет ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности и стимулировании экономического прогресса во всем мире. Технические инновации и улучшение методов анализа являются катализаторами для сокращения различий в оценках запасов и повышения точности прогнозирования. Это, в свою очередь, способствует более эффективному использованию энергетических ресурсов и созданию более устойчивой и эффективной энергетической инфраструктуры.

Так, согласно исследованию P. Saikia et al., проведенному для оценки залежей нефти в определенном регионе, использовался метод обучения нейронных сетей на основе объемного метода. Исследование позволило выявить, что объемный метод имеет свои ограничения и особенности, которые могут повлиять на точность оценки запасов нефти. Несмотря на то что этот метод широко используется в индустрии, были обнаружены расхождения между прогнозируемыми и реальными запасами нефти. Эти расхождения могут быть связаны с различными факторами, такими как недостаточная точность данных или ограничения метода. Исследование также выявило необходимость улучшения методов оценки запасов нефти и газа для повышения точности прогнозов и оптимизации добычи. Отмечается, что это может включать в себя разработку новых технологий, улучшение алгоритмов анализа данных и более тщательный сбор информации при проведении исследований [16].

Недостаточная информация или ее низкое качество могут привести к значительным ошибкам при оценке запасов нефти. Кроме того, эффективность метода также зависит от правильного выбора модели и методики расчета, а также от квалификации специалистов, проводящих оценку. Особенно отмечается, что объемный метод имеет

ограничения в случае сложных геологических условий или в присутствии перекрывающихся пластов [17; 18].

Метод материального баланса способен предоставлять точные оценки по динамике изменения запасов нефти на месторождении. В работе особенно подчеркивается потенциал данного метода для прогнозирования запасов ресурсов нефти и газа в сложных геологических условиях, подтверждая его эффективность в планировании стратегий разработки месторождений [19].

В результате данного исследования также было обнаружено, что метод материального баланса обладает значительными преимуществами по сравнению с объемным методом в оценке запасов нефти и газа в Юго-Западном Туркменистане. Однако, следует отметить, что метод материального баланса может требовать точных данных о параметрах месторождения. Недостаточность или низкое качество входных данных могут снизить точность прогнозов, основанных на этом методе. Кроме того, метод материального баланса может быть сложным в применении. Таким образом, несмотря на его значительные преимущества метод материального баланса требует тщательного анализа и подготовки для эффективного использования в оценке запасов нефти и газа.

Эффективным методом для улучшения оценки запасов нефти и газа также может быть использование интегрированного подхода, который комбинирует данные из различных источников, таких как геологические наблюдения, геофизические измерения и данные с месторождений. Подчеркивается, что такой подход позволяет получить более полное представление о структуре и свойствах залежей, что способствует более точной и надежной оценке их запасов. Анализ данных с использованием современных методов машинного обучения и искусственного интеллекта также может значительно улучшить точность оценок, обеспечивая более глубокое понимание физических процессов, происходящих в месторождениях [20].

Как отмечается в исследовании Z. Zhang et al., интегрированный подход в оценке запасов нефти и газа представляет собой мощный инструмент для получения более точных и надежных результатов [21]. Он позволяет объединить данные из различных источников, таких как геологические наблюдения, геофизические измерения и данные с месторождений, что обеспечивает более полное представление о структуре и свойствах залежей. В то же время результаты данного исследования указывают на недостатки объемного метода в оценке запасов нефти в Юго-Западном Туркменистане. Было обнаружено, что применение объемного метода часто приводит к недооценке запасов, особенно в условиях сокращения толщины залежи из-за интенсивной эксплуатации скважин. Эти результаты подчеркивают необходимость более интегрированного подхода к оценке запасов нефти и газа, который учитывает не только объемные характеристики, но и другие важные параметры, такие как геологические особенности и изменения в процессе эксплуатации месторождений [22].

Таким образом, проведенные исследования по оценке запасов нефти и газа играют ключевую роль в развитии энергетической индустрии. Они обеспечивают не только точную оценку доступных ресурсов, но и являются основой для разработки стратегий добычи и инвестиционных решений. Более того, с учетом ограниченности природных ресурсов и растущей конкуренции на энергетическом рынке важно постоянно совершенствовать методы и технологии оценки [22]. Это поможет оптимизировать добычу, снизить риски инвестиций и обеспечить устойчивое развитие энергетического сектора.

Выводы

В результате проведенных исследований было выявлено, что применение объемного метода для подсчета запасов нефти в Юго-Западном Туркменистане часто приводит к их недооценке. Результаты исследований показывают, что различия между двумя способами применения объемного метода могут составлять $\pm 12\%$. Это говорит о том, что, несмотря на использование одной и той же методики, существуют некоторые расхождения в полученных оценках запасов. В целом недооценка запасов объясняется отсутствием данных о пористости в рыхлых разностях, имеющих наибольшее значение для заполняемости порового пространства. Интенсивная эксплуатация отдельных скважин приводит к сокращению толщины залежи, что дополнительно влияет на точность оценки запасов по объемному методу. Поэтому в связи с выявленными недостатками объемного метода широкое распространение получил метод материального баланса. Этот метод позволяет учитывать изменения в залежах в процессе их эксплуатации, что делает оценку запасов более надежной и точной. Применение метода материального баланса позволяет учесть различные факторы, включая изменения в дебитах скважин, притоки или потери нефти и газа, а также другие параметры, влияющие на динамику залежи. Эти результаты подчеркивают необходимость комплексного и системного подхода к оценке запасов нефти и газа, а также важность выбора наиболее подходящего метода в зависимости от конкретных геологических условий и характеристик месторождения. Дальнейшие направления для исследований в этой области могут включать детальное изучение влияния различных факторов, таких как геологическая структура, состав породы, интенсивность эксплуатации скважин, на точность оценки запасов нефти и газа. Разработка и применение новых методов и моделей, учитывающих специфику месторождений и их изменения в процессе эксплуатации, также могут значительно улучшить точность оценки запасов. Такие исследования и разработки будут способствовать более точной и достоверной оценке запасов нефти и газа, что является ключевым аспектом для эффективного и устойчивого развития нефтегазовой промышленности Туркменистана.

Список литературы / References

1. Деряев А.Р. Регулирование реологических свойств, утяжеленных тампонажных растворов при цементировании глубоких скважин в условиях аномально высокого пластового давления. *Нефтяное хозяйство*. 2024.(5): 86-90. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-5-86-90>
Deryaev A.R Regulation of rheological properties of weighted grouting solutions during cementing of deep wells under conditions of abnormally high reservoir pressure, (In Russ.), *Neftyanoe Khozyaystvo – Oil Industry*, 2024(5): 86-90. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-5-86-90>

2. Omarov B. Methods of increasing well productivity of gas and gas condensate reservoirs on the example of Northern Guzar. *Journal of Architecture, Engineering and Modern Technology*. 2023;2(5):34–41.
3. Kasenov A.K., Biletskiy M.T., Ratov B.T., & Korotchenko T.V. Problem analysis of geotechnical well drilling in complex environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2015;24:012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/24/1/012026>
4. Khaitov O., Umirzokov A., Bekmurodov A. On the application of methods for calculating gas reserves in the Northern Guzar field. *Collection of Scientific Works Logos*. 2020;(5):56–59.
5. Mustafayev A., Mamedzade R. Methods and strategies for assessing hydrocarbon reserves in oil fields. *Pahtei*. 2023;35(4):148–158.
6. Ciriaco A.E., Zarrouk S.J., Zakeri G. Geothermal resource and reserve assessment methodology: Overview, analysis and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020;119:109515.
7. Fu J., Li S., Niu X., Deng X., Zhou X. Geological characteristics and exploration of shale oil in Chang 7 member of Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, NW China. *Petroleum Exploration and Development*. 2020;47(5):931–945. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(20\)60107-0](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(20)60107-0)
8. Wang K., Jiang B., Li H., Liu Q., Bu C., Wang Z., Tan Y. Rapid and accurate evaluation of reserves in different types of shale-gas wells: Production-decline analysis. *International Journal of Coal Geology*. 2020;218:103359. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2019.103359>
9. Mohammadpoor M., Torabi F. Big Data analytics in oil and gas industry: An emerging trend. *Petroleum*. 2020;6(4):321–328. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.11.001>
10. Matkivskiy S., Kondrat O. Improvement of technologies for the development of gas fields in conditions of the water-pressure regime. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. 2023;23(1):16–28. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2023-1\(86\)-16-28](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2023-1(86)-16-28)
11. Zhong Z., Sun A.Y., Wang Y., Ren B. Predicting field production rates for waterflooding using a machine learning-based proxy model. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2020;194:107574. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107574>
12. Wang S., Qin C., Feng Q., Javadpour F., Rui Z. A framework for predicting the production performance of unconventional resources using deep learning. *Applied Energy*. 2021;295:117016. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117016>
13. Kondrat R., Matiishyn L. Analysis of conditions for stable operation of water-cut gas and gas condensate wells. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. 2023;23(1):46–53. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2023-1\(86\)-38-45](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2023-1(86)-38-45)
14. Abdulmajeed M.N. *Estimation of original oil in place using different methods for Mishrif Formation – Amara Oil Field*. Baghdad: University of Technology; 2020.
15. Cheng Y., Feng Z., Guo C., Chen P., Tan C., Shi H., Luo X. Links of hydrogen sulfide content with fluid components and physical properties of carbonate gas reservoirs: A case study of the right bank of Amu Darya, Turkmenistan. *Frontiers in Earth Science*. 2022;10:910666. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.910666>
16. Khayitov O.G., Ravshanov Z.Y., Ergasheva Z.A., Gulmuradov J.N. On the oil and gas potential of the Assakeaudan Trough of the Ustyurt region. *Journal of Innovation in Education and Social Research*. 2024;2(1):121–129. Available at: <https://journals.proindex.uz/index.php/jiesr/article/view/524> (accessed: 20.06.2024).
17. Mahdi Z.A., Farman G.M. 3D geological model for Zubair Reservoir in Abu-Amood Oil Field. *Iraqi Geological Journal*. 2023;56(1B):40–50. <https://doi.org/10.46717/igj.56.1B.4ms-2023-2-12>
18. Saikia P., Baruah R.D., Singh S.K., Chaudhuri P.K. Artificial Neural Networks in the domain of reservoir characterization: A review from shallow to deep models. *Computers & Geosciences*. 2020;135:104357. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2019.104357>
19. Liu W., Liu W.D., Gu J. Forecasting oil production using ensemble empirical model decomposition based Long Short-Term Memory neural network. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2020;189:107013. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107013>
20. Gao Y., Liu Z., Li Z.-J., Lu X.-Q., Zhang P.-B., Chen Y.-J., Mao Y., Nie Z.-K. Research on water invasion intensity of coalbed methane wells based on material balance method. In: Lin J. (ed.). *Proceedings of the International Field Exploration and Development Conference 2023 (IFEDC 2023)*. Singapore: Springer; 2024. Vol. 9, pp. 17–29. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0268-8_2
21. Deryaev A.R. Features of the construction of directed deep wells in Turkmenistan. // Scientific informatics journals ‘Italian Journal of Engineering geology and environment’ №1 Rome– Italy: Publishing: “Prevention and Control of Geological Risks of Sapienza Universita di Roma”. 2024.–с.35-47. <https://10.4808/IJEGE.2024-01.O-03>.
22. Деряев А.Р. Крепление ствола скважины при пластическом течении солей методом активного сопротивления. *Нефтяное хозяйство*. 2024(7): 89-93. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-7-89-93>
Deryaev A.R. Borehole fastening during the plastic flow of salts using the active resistant method (In Russ.), *Neftyanoe Khozyaystvo – Oil Industry*, 2024(7): 89-93. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-7-89-93>

Информация об авторе

Аннагулы Реджепович Деряев – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт природного газа ГК «Туркменгаз», г. Ашгабат, Туркменистан; e-mail: annagulyderyayew@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.06.2024
Поступила после рецензирования: 27.08.2024
Принята к публикации: 16.09.2024

Information about the author

Annaguly R. Deryaev – Dr. Sci. (Eng.), Chief Research Associate, The State Concern “Turkmengaz”, Ashgabat, Turkmenistan; e-mail: annagulyderyayew@gmail.com

Article info

Received: 18.06.2024
Revised: 27.08.2024
Accepted: 16.09.2024