

Г. М. Эфендиев, член-корр. НАН Азербайджана<sup>1</sup>; Г. Г. Кулиев, академик НАН Азербайджана<sup>2</sup>; И. А. Пиривердиев, инж.<sup>1</sup>; И. И. Джанзаков, д-р техн. наук<sup>3</sup>; С. К. Буктыбаева, канд. техн. наук<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт Нефти и Газа Национальной Академии наук Азербайджана, ул. Ф. Амирова, 9, AZ1000, г. Баку, e-mail: [galib\\_2000@yahoo.com](mailto:galib_2000@yahoo.com), [igorbaku@yandex.ru](mailto:igorbaku@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт Геологии и Геофизики Национальной Академии наук Азербайджана, пр. Г. Джавида, 119, AZ1143, г. Баку, e-mail: [hatamguliyev@gmail.com](mailto:hatamguliyev@gmail.com)

<sup>3</sup>Атырауский Университет Нефти и Газа, просп. Азаттык 1, г. Атырау, Республика Казахстан, e-mail: [dzhanzakov-aing@mail.ru](mailto:dzhanzakov-aing@mail.ru), [saulek1@mail.ru](mailto:saulek1@mail.ru)

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

*Доклад посвящен проблеме повышения качества информации, получаемой в процессе бурения. Качество принимаемых в процессе бурения решений существенным образом зависит от качества информации. В связи с этим рассматриваются методы обработки данных и анализа информации, показана целесообразность применения различных методов, известных из математической статистики и теории нечетких множеств. Показаны пути применения комплексной геолого-геофизической и геолого-технологической информации при решении задач классификации геологических разрезов, выбора наилучших типов долот и режимных параметров, оценки и прогнозирования интервалов осложнений и принятия решений при бурении скважин в отмеченных условиях.*

**Ключевые слова:** комплексная информация, геологический разрез, порода, долото, осложнения, классификация, принятие решений, неопределенность.

**Введение.** Повышение эффективности и качества проводки скважин в значительной степени зависит от улучшения качества получаемой информации. При этом качество комплексной геолого-геофизической и технологической информации во многом определяется качеством информации, получаемой при бурении скважин. Однако, как показывает анализ, качество получаемой при бурении информации не всегда соответствует требованиям проектирования, что в свою очередь затрудняет процесс принятия решений. Низкое качество получаемой информации является одной из причин принятия ошибочных решений, что в свою очередь приводит к возникновению осложнений, аварий, и в целом, снижению технико-экономических показателей бурения скважин. Отмеченное, а также опыт бурения скважин и многочисленные исследования свидетельствуют о необходимости проведения исследований по повышению качества получаемой при бурении информации, для чего требуется применение соответствующих методов обработки данных и анализа информации.

Исходя из этого, настоящий доклад посвящен анализу получаемой при бурении информации, оценке ее качества, путям применения различных методов повышения качества информации при принятии решений на различных этапах бурения.

**Роль комплексной информации при решении задач повышения эффективности процесса бурения скважин.** За последние годы накопилось большое количество исследований, посвященных процессу взаимодействия породоразрушающего инструмента с породой, в которых предложены методы и средства для определения физико-механических свойств и абразивности горных пород. Среди них – экспериментальные исследования,

исследования на основе анализа геолого-геофизической информации, а также основанные на методах классификации. Ряд работ посвящен изучению механизма разрушения горных пород, влияния различных факторов на эффективность разрушения горных пород, при этом делались попытки математического описания и исследования соответствующих закономерностей.

В результате предложены методы, позволяющие оценивать свойства горных пород как по кернам, шламу, с помощью результатов геофизических исследований скважин, так и данным геолого-технологических исследований в процессе бурения. При этом основу составляют корреляционные зависимости между оцениваемыми характеристиками геологического разреза [1, 2, 3, 4, 5].

В случае наличия предварительной информации о разрезе месторождения результаты выполненных работ служили основой при исследовании характеристик работы долота, которые позволяли строить математические (детерминированные, статистические) модели, в той или иной степени являющиеся однотипными. Эти модели впоследствии служили базовыми [6, 7] и развивались путем последовательного введения в них различных неучтенных факторов. Однако в каждом конкретном случае практическое использование их было затруднено вследствие неоднородности геологического разреза. Поэтому в дальнейших исследованиях авторы предлагали расчленение геологических разрезов на пачки одинаковой буримости, для чего в каждом конкретном случае использовались различные классификационные методы.

В целом, анализ выполненных работ показывает, что добиться повышения уровня принимаемых решений в настоящее время можно при использовании комплексной геолого-геофизической и технологической информации, которая составляет основу принимаемых технологических решений. Такого характера информация может быть получена различными путями. Для получения и использования такой информации наряду с этим необходимо использовать современные методы обработки данных и анализа информации. При этом очень важно учесть условия, при которых протекает процесс бурения, а именно: неоднородность, нечеткость и случайный характер факторов, для чего надежной основой могут послужить методы теории управления и принятия решений при недостаточной информации, которые в последнее время получили широкое развитие. Большое значение имеют также и методы изучения геологических разрезов в процессе бурения.

Получившие в последние годы в мировой практике широкое применение геолого-технологические исследования в процессе бурения позволяют решить целый ряд задач, когда информация о разрезе бурящейся скважины отсутствует или же имеется в ограниченном объеме. Применение результатов ГТИ в комплексе ГИС позволяет глубже изучить разрез и тем самым повысить качество принимаемых решений.

Оценка и исследование взаимосвязей между показателями литолого-емкостных и механических свойств горных пород по комплексу ГИС и ГТИ. Принятие оптимальных решений при бурении скважин требует анализа объективно существующих, выявленных в результате исследований в процессе бурения качественных и количественных взаимоотношений различных геолого-технологических факторов, влияющих на показатели этого процесса, изыскания и выявления взаимосвязей между геологическими, геофизическими, механическими и технологическими характеристиками разреза. Такие закономерности позволяют еще глубже изучить геологический разрез, оценить те геологические характеристики, которые ранее не оценивались, а также повысить точность ранее оцениваемых характеристик и тем самым обеспечить разработку системы расчетов характеристик геологического разреза [1, 2].

Анализ опыта бурения в различных условиях показывает, что желаемого результата можно добиться при учете взаимосвязей между различными техническими, технологическими и геологическими характеристиками, оказывающими влияние на

показатели бурения скважин. Кроме того, необходимо, на наш взгляд, также использование уровня развития в последнее время различных математических методов и программного обеспечения при классификации объектов, построении моделей, позволяющих принимать технологические решения, затруднённые наличием неопределённости. Проблемы совершенствования методов принятия решений при бурении скважин с учётом неопределённости условий в настоящее время стоят на повестке дня как одни из наиболее важных и актуальных. При этом эффективность технико-технологических решений определяется степенью их научной обоснованности, а также достоверностью исходных данных, для чего необходимы правильный выбор и применение соответствующих методов получения информации. В данном случае большую роль играет накопленный в районах ведения буровых работ опыт, так как проектирование многих технологических процессов требует построения и постоянного уточнения математических моделей и логических принципов выбора технологических решений в зависимости от конкретизации геолого-геофизических условий бурения (идентификация). В результате обобщения опыта научных исследований и практических мероприятий можно установить последовательность работ по выбору технико-технологических решений в процессе углубления скважины. Эти работы предусматривают проведение анализа и оценки моделей, прогнозирования значений критериев, для чего в последние годы созданы благоприятные условия благодаря развитию и широкому применению математических методов. Применение этих методов позволяет повысить качество информации, получаемой в процессе геолого-технологических исследований.

Моделирование и оценка свойств горных пород с применением вероятностно-статистических методов и нечеткой логики. При анализе геолого-технологической информации о бурении скважин, в частности, и данных, связанных с измерениями вообще, приходится иметь дело с погрешностями, неопределённостью и неустойчивыми корреляционными связями между исследуемыми параметрами. Такие затруднения присущи техническим, технологическим, геологическим и геофизическим исследованиям, вследствие сложностей, связанных с созданием и применением более точных приборов для измерения показателей бурения, характеристик пластов, в особенности со сложным геологическим строением, режимных параметров и др. Становится очень сложным проведение сравнительного анализа между значениями одного и того же параметра, замеренными различными путями. Например, на простое измерение технологических параметров, скорости проходки, показателей свойств пород разреза может повлиять комплекс возмущающих воздействий, которые учесть невозможно; к ним можно отнести колебания нагрузки на долото, минералогический состав пород, их литология, насыщающие флюиды и проникновение фильтрата бурового раствора и др. В отличие от традиционных методик, целью которых является сведение погрешностей к минимуму, оценка и анализ погрешностей позволяют заметить, что в данной погрешности скрыта полезная информация [1, 2]. Информацию об ошибке можно использовать с целью создания надежного инструмента, который бы дополнял традиционные методики, необходимые технологам, геологам и геофизикам при решении задач прогнозирования.

При анализе работы долот целесообразно разделять разрез на однородные интервалы и в их пределах рассматривать закономерности изменения показателей бурения. Для этих целей предложены различные классификационные методы. Одним из простых методов, который позволяет производить эту операцию, является известный из геологии метод Д. А. Родионова. Согласно данному методу вначале предполагается однородность массива по всей глубине и рассчитывается критерий Д. А. Родионова для каждого интервала по предложенному автором выражению.

$$V(r_0^2) = \frac{n-1}{n(n-K)K} \sum_{j=1}^m \frac{[(n-K) \sum_{i=1}^k \chi_{ij} - K \sum_{i=k+1}^n \chi_{ij}]^2}{\sum_{i=1}^n \chi_{ij}^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n \chi_{ij})^2}$$

Согласно анализу [8], значения критерия Д.А. Родионова распределяются, подчиняясь закону  $\chi^2$  Пирсона. Поэтому программа предусматривает поинтервальное сравнение каждого расчетного значения с табличным для заданного уровня значимости. Интервалы, соответствующие превышению расчетного значения критерия над табличным значением  $\chi^2$  Пирсона, являются границей между двумя однородными пачками, которые между собой неоднородны. С применением отмеченного критерия нами рассматриваемый разрез разделен на однородные интервалы по твердости и абразивности пород и в пределах каждого из этих интервалов производился сравнительный анализ изменения показателей бурения. Твердость и абразивность породы являются одними из главных факторов, оказывающих влияние на показатели бурения скважин. На эти свойства оказывает влияние множество факторов, в том числе форма зерен, минерализация и насыщающий поры флюид.

На рисунке показаны изменения твердости и абразивности с глубиной в сравнении с механической скоростью проходки различными долотами. Там же выделены однородные интервалы, разбуренные одинаковыми типами долот. Приведенные данные обработаны методом «скользящей средней», что позволяет снизить амплитуду разброса данных и четче выделить тенденцию изменения рассматриваемого параметра.

Следует отметить, что при практическом использовании результатов бурения скважин необходимо учесть наличие шума. В связи с этим возникает необходимость исследования одних случайных процессов на фоне других (импульсных помех).

Одним из наиболее эффективных методов является метод автоматической селекции, который был применен в работе [9, 10] для оценки полезного сигнала в режимных параметрах. Программа, которая была применена нами, включает фильтрацию шумов при обработке d-экспоненты, которая также приведена на рисунке.

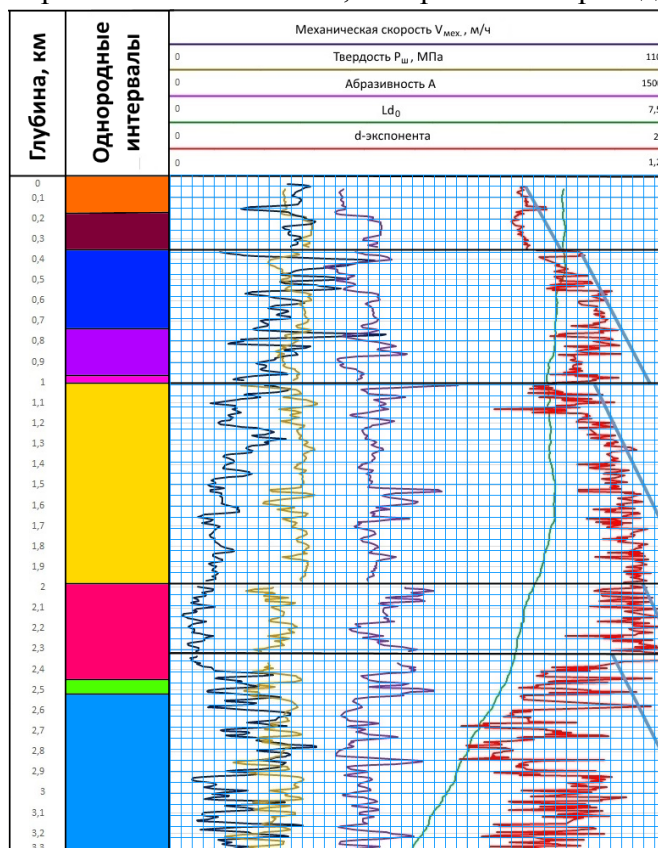


Рис. Результаты анализа информации о бурении скважины на месторождении Карабаглы.

Изменение статистики L позволяет судить о том, однородна ли рассматриваемая система, т.е. по значению L, рассчитанному для показателя бурения, можно определить однородные интервалы. На приведенном рисунке показано также изменение этой статистики. Изменение характера его на графике свидетельствует о нарушении однородности пород по буримости.

Таким образом, развитие современных технических средств и технологий для информационного обеспечения процесса бурения скважин и их широкое внедрение позволяет повысить качество получаемой информации и требует ее соответствующего анализа. Оперативная информация, получаемая в процессе бурения, имеет

большое значение при бурении скважин, особенно в малоизученных регионах со сложными горно-геологическими и экологическими условиями. При этом, как видно из рисунка, имеется возможность проведения сравнительного анализа изменений свойств горных пород и скорости проходки, выделить однородные интервалы по свойствам горных пород и буримости в целом, проследить за интервалами возможных осложнений и т. д.

На сегодняшний день успешно применяется при оценке и использовании характеристик пласта нечеткая логика [11, 12]. Еще в прошлом исследователи в области естественных наук заметили, что многие, на первый взгляд, случайные события сопровождаются определенными закономерностями. В восемнадцатом веке ученые выявили поразительную степень закономерности в изменении какого-либо наблюдения вокруг его среднего значения. Такие закономерности, или распределения, были близко аппроксимированы непрерывными кривыми, названными «кривыми нормального распределения ошибок» и отнесены к законам вероятностей [13, 14].

В целом, как показывает анализ, решение задач моделирования технологических процессов существенно затрудняется наличием неопределенности, связанной как с использованием случайных, так и нечетких величин. Случайные величины передают то, что исследуемые величины могут с разными вероятностями принимать различные значения. Нечеткие же величины передают приблизительность в определении самих значений этих величин. Кроме того, нечеткие величины могут оказаться предпочтительнее в случае недостаточности статистических данных и связанной с этим информации, необходимой для более достоверных и надежных оценок. Такие оценки механических свойств горных пород можно производить по данным об их физических свойствах, оцененных с помощью геофизических исследований скважин с применением вероятностно-статистических методов и теории нечетких множеств. Исследование рассмотренных зависимостей позволило разработать обоснованную расчетную схему для оценки характеристик геологического разреза.

В то же время следует отметить, что при отсутствии данных керношлямовых исследований или отмеченных зависимостей, позволяющих оценить показатели механических свойств горных пород, последние можно оценить с помощью геолого-петрографического описания пород [2, 7].

Задача в данном случае заключается в анализе и обобщении информации о свойствах горных пород с целью создания удобств при оценке буримости горных пород.

Для этого ранее был предложен метод построения нечетких моделей, выраженных в виде правил по принципу “если..., то...” [15, 16], основанный на нечетком кластер-анализе исходных данных.

Так, например, в результате разбиений, приведенных в отмеченных работах, были сформулированы пять правил, относящихся к каждому из кластеров. Таким образом, при недостаточной информации о горных породах по геолого-петрографическому описанию можно оценить показатели механических свойств с помощью нечеткого кластер-анализа.

Выбор типа долота и режимных параметров. Принятие проектных решений обуславливает выбор типа буровой установки, зависящей от типа долота, режимных параметров, конструкции обсадных колонн, географических условий бурения и др. При углублении скважин основным процессом является процесс разрушения горных пород, эффективность которого зависит от правильного выбора породоразрушающего инструмента и режимных параметров. В данном случае основным элементом системы является породоразрушающий инструмент. Работоспособность и совершенство его конструкции, как показывают исследования и практика бурения, оказывают существенное влияние на эффективность всего процесса бурения в целом. Выбор типа породоразрушающего инструмента и режимных параметров основывается на информации о физико-механических свойствах пород и

литологическом строении разреза пород и, во многом, зависит от конкретных региональных условий, оценка которых производится с помощью геолого-геофизических исследований. При реализации данного этапа основным является построение модели скорости проходки. Построение модели производится в пределах каждого однородного интервала. Выделение однородных интервалов производится, как отмечалось выше, путем разграничения объектов по комплексу признаков, характеризующих геологический разрез, значения которых получены в результате реализации программы геолого-технологического прогнозирования по данным ГТИ "Каротаж", по результатам интерпретации геолого-геофизической информации, анализа керна с применением статистических методов. Вначале строятся частные зависимости, в которые впоследствии постепенно включаются неучтенные факторы. За основу принимается одна из известных базовых моделей скорости проходки, об этом отмечается в ряде работ, в частности, [5, 17, 18, 19]. Далее рассчитывается соответствующая стоимость 1 м проходки. Наилучшие режимные параметры и типы долот уточняются (выбираются) путем вариантных расчетов с помощью методов принятия решений в многокритериальных задачах. Согласно данному алгоритму, процесс принятия решений реализуется в зависимости от характера исходной информации. Характеристики геологического разреза, оцениваемые с помощью отмеченной выше программы, позволяют решать ряд задач в процессе бурения. Следует отметить, что в последнее время вопросам моделирования процесса бурения и принятия решений посвящены многочисленные исследования. Однако применяемые алгоритмы нуждаются в совершенствовании путем получения более качественной информации, постановки и решения классификационных задач, идентификации моделей к реальным условиям, распознавания неопределенностей, в условиях которых принимаются решения. Основу такого типа программ составляют известные методы,  $d$ -экспоненты и сигма-каротажа, предложенные американскими и итальянскими специалистами соответственно и первоначально предназначенными для оценки поровых давлений в процессе бурения скважин. На приведенном выше рисунке показаны колонка, построенная по результатам выделения однородных по твердости и абразивности горных пород интервалов, изменение механической скорости, график которой разделен в соответствии с типами применяемых долот,  $d$ -экспонента с трендами нормального уплотнения и статистика автоматической селекции, по изменению которых можно судить также об интервалах возможных осложнений.

Оценка осложнений при бурении скважин. Как известно, в интервалах разреза, где пласты имеют нормальное гидростатическое давление, механическая скорость бурения уменьшается, подчиняясь определенному закону. При приближении к зонам АВПД механическая скорость увеличивается, что объясняется, по крайней мере, двумя причинами: недоуплотнением пород на экранлируемой толще и снижением дифференциального давления, которым сопровождается входение в зону аномального давления.

Многочисленными исследованиями [6, 20] установлено, что между механической скоростью бурения и дифференциальным давлением существует определенная зависимость: с возрастанием дифференциального давления механическая скорость бурения уменьшается, причем темп уменьшения в первую очередь зависит от литологии пород. В связи с этим недоуплотнение горных пород и уменьшение дифференциального давления служат предпосылками применения методов, основывающихся на использовании механической скорости. Что касается количественного барьера в значениях механической скорости, по которому можно было бы предложить о приближении к зонам АВПД, то они не имеют однозначных граничных диапазонов и имеют, вероятнее всего, локальный либо площадный характер.

В результате отмеченного можно сделать вывод о необходимости расширения исследовательских работ по изучению и анализу геологических разрезов по комплексу ГИС и ГТИ, что позволит на ранней стадии диагностировать осложнения и более эффективно проводить бурение на глубокие горизонты в нефтегазоносных районах. Большая часть осложнений при бурении глубоких скважин, как отмечалось выше, связана с проявлением

аномально высокого пластового давления (АВПД), высоких температур, искривлением ствола, поглощением буровых растворов, неустойчивостью пород стенок скважин, нефтегазопроявлениями, авариями, связанными с потерей подвижности бурового инструмента под воздействием дифференциальных давлений. При проектировании технологии проводки скважин большое значение имеет изучение распределения поровых давлений по месторождению. Для обеспечения возможности изучения распределения поровых давлений по месторождению с учётом координат скважин нами проанализирован материал о бурении скважин на различных месторождениях. Проведены расчёты градиентов поровых давлений и построены карты распределений его значений по скважинам на постоянной глубине.

**Заключение.** Использование комплексной геолого-технологической информации позволяет добиться получения более достоверной информации и повышения тем самым эффективности выполняемых проектных решений при проведении буровых работ. Это очень важно для принятия правильных решений. Накопленные к настоящему времени исследования позволяют решать в оперативном порядке различные задачи, связанные с выбором типов долот и режимных параметров, оценкой осложнённых интервалов. Это особенно важно для условий, где аномально высокие пластовые (поровые) давления довольно широко распространены, бурение осложняется также и поглощениями бурового раствора. Учитывая отмеченные обстоятельства, при решении поставленных задач в дальнейшем внимание должно быть сосредоточено главным образом на методах, позволяющих оценивать физико-механические характеристики геологического разреза в процессе бурения по технологическим данным, что очень важно при принятии решений в малоизученных условиях. Представляет интерес изучение различных геомеханических характеристик разрезов месторождения, оказывающих существенное влияние на напряжённое состояние и устойчивость горных пород в процессе проводки скважин. Сложности, как правило, порождаются возникновением несовместимых условий бурения, особенно при проводке наклонного ствола в интервалах глинистых отложений с аномально высокими поровыми давлениями. Проблема устойчивости ствола скважины является постоянной проблемой, которая по настоящее время стоит на повестке дня и приводит к существенным расходам при бурении скважин. В связи с этим одной из главных задач буровиков является предупреждение потери устойчивости. Особое внимание при этом уделяется выбору буровых растворов, обсадных колонн и другим процедурам при бурении скважины, с тем, чтобы свести к минимуму эти дорогостоящие проблемы. Для обеспечения устойчивого состояния ствола скважины нужно подбирать буровой раствор не только соответствующей плотности, но и определенного химического состава. В последние годы серьезное внимание уделяется полимерным растворам, а также растворам на основе нанотехнологий.

Анализ современного состояния позволил установить основные моменты, требующие внимания в дальнейших исследованиях, и направить усилия на получение и использование качественной комплексной информации с целью правильного выбора породоразрушающего инструмента, режимных параметров, обеспечения устойчивости ствола и управления составом и свойствами буровых растворов.

*Доповідь присвячена проблемі підвищення якості інформації, що одержується в процесі буріння. Якість прийнятих в процесі буріння рішень істотно залежить від якості інформації. У зв'язку з цим розглядаються методи обробки даних і аналізу інформації, показана доцільність застосування різних методів, відомих з математичної статистики і теорії нечітких множин. Показано шляхи застосування комплексної геолого-геофізичної і геолого-технологічної інформації при вирішенні завдань класифікації геологічних розрізів, вибору найкращих типів доліт і режимних параметрів, оцінки і прогнозування інтервалів ускладнень і прийняття рішень при бурінні свердловин в зазначених умовах.*

**Ключові слова:** комплексна інформація, геологічний розріз, порода, долото, ускладнення, класифікація, прийняття рішень, невизначеність.

G. M. Efendiyev<sup>1</sup>, H. H. Guliyev<sup>2</sup>, I. A. Piriverdiyev<sup>1</sup>, I. I. Dzhanzakov<sup>3</sup>, S. K. Buktybayeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Oil and Gas of Azerbaijan National Academy of Sciences

<sup>2</sup>Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences

<sup>3</sup>Atyrau University of Oil and Gas, Kazakhstan

#### METHODS AND MEANS OF IMPROVING THE QUALITY OF INFORMATION DURING DECISION-MAKING IN THE MANAGEMENT OF THE PROCESS OF DRILLING WELLS

*The paper is devoted to the problem of improving the quality of information obtained in the drilling process. The quality of decisions made during the drilling process essentially depends on the quality of information. In this connection, data processing and information analysis methods are considered, the expediency of applying various methods known from mathematical statistics and the theory of fuzzy sets is shown. The ways of application of complex geological, geophysical and geological and technological information when solving problems of classifying geological sections, choosing the best types of bits and operating parameters, estimating and forecasting the intervals of complications and making decisions when drilling in the indicated conditions are shown.*

**Keywords:** complex information, geological section, rock, bit, complications, classification, decision-making, uncertainty.

#### Литература

1. Анализ состояния методов и средств принятия решений при бурении скважин по комплексной геолого-технологической информации / И. И. Джанзаков, И. А. Пиривердиев, К. П. Гулизаде и др. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – 111, №3. – С. 51-59. ISSN 1999-6934
2. Дюсенов А. Т. Повышение эффективности бурения скважин путем выбора оптимального сочетания типов долот и технологических параметров / Автор. канд. дисс. – Атырау, 2008. – 23 с.
3. Буктыбаева С. К. Повышение эффективности бурения скважин на месторождениях с аномально высоким пластовым давлением на основе комплексной геолого-геофизической и технологической информации / Автор. канд. дисс. – Атырау, 2010. – 24с.
4. Лукьянов Э. Е. Исследование скважин в процессе бурения. – М.: Недра, 1979. – 248 с.
5. Гельфгат Я. А., Орлов А. В., Финкельштейн Г. Э. К вопросу установления некоторых эмпирических зависимостей показателей работы долот от параметров режимов бурения в промысловых условиях // Бурение глубоких скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – «Труды ВНИИБТ», вып. IX. – С. 13-23.
6. Давление пластовых флюидов / А. К. Гуревич, М. С. Крайчик, Н. Б. Барыгина и др. – Л.: Недра, 1987. – 223 с.
7. Комплексная методика классификации геологического разреза и выбора эффективных типов шарошечных долот для разбуривания нефтяных и газовых месторождений / Б. В. Байдюк, М. Г. Абрамсон. и др. – М.: ВНИИБТ, 1979.
8. Родионов Д. А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. – М.: Недра, 1968. – 158 с.
9. Агаев С. Г. Системный подход к повышению эффективности проводки скважины / Авт. док. дисс. – Баку, 1989. – 52 с.
10. Руководство по применению математической теории эксперимента при исследовании свойств горных пород и процесса их разрушения / А. Х. Мирзаджанзаде, С. Г. Агаев, А. Ф. Алимamedов и др. – М.: Недра, 1973. – 98 с.
11. Zadeh L. A. () Fuzzy Sets // Information and Control, – 1965. – № 8. – pp. 338-353.
12. Freund, J. E., Walpole, R. E. Mathematical statistics. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1980. – 206 p.



13. Brown D. F, Cuddy S. J., Garmendia-Doval A. B. and McCall J. A. W. The Prediction of Permeability in Oil-Bearing Strata using Genetic Algorithms / Third IASTED International Conference Artificial Intelligence and Soft Computing. July 2000.
14. Cuddy S. J. and Glover P. W. J. The Application of Fuzzy Logic and Genetic Algorithms to Reservoir Characterization and Modeling // *Soft Computing for Reservoir Characterization and Modeling*, –2002, Vol. 80, – pp. 219-241. DOI: 10.1007/978-3-7908-1807-9\_10
15. Fang J. H. and Chen H. C. Fuzzy modeling and the prediction of porosity and permeability from the compositional and textural attributes of sandstone // *J. of Petroleum Geology*, 1997, 20(2), 185-204.
16. Оценка показателей бурения и принятие решений на основе комплексной геолого-технологической информации / Т.В.Хисметов, Г. М.Эфендиев, О. Г. Кирисенко и др. // *Нефтяное Хозяйство*. – 1997. – №10. – С.42-44.
17. Погарский А. А., Чефранов К. А., Шишкин О. П. Оптимизация процессов глубокого бурения. –М.: Недра, 1981. –296 с.
18. Комплексный механико-статистический метод оценки буримости горных пород с целью прогнозирования и оптимизации процесса обработки шарошечных долот / Б.В. Байдюк, М. Г. Абрамсон, А. М. Матвеева и др.: В сб. «Процессы разрушения горных пород и пути ускорения бурения скважин». –Уфа, 1978. –С. 264-267.
19. Семенцов Г. Н., Горбийчук М. И. Некоторые аспекты изучения геологического разреза скважин в процессе бурения // *Изв. Вузов. Горный журнал*. – 1986. № 7. – С. 79-83.
20. Штур В. В., Мавлютов М. Р., Филимонов Н. М., Абдуллин Р. А. Регулирование перепада давления в зоне разрушения породы при бурении нефтяных и газовых скважин // *Обзорная информация. Сер. Бурение, ВНИИОЭНГ*. – 1982. – Вып. 20/38. – 43 с.

Поступила 11.07.19

## References

1. Dzhanzakov, I. I., Piriverdiev, I. A., Gulizade, K. P., et. al. (2019). Analiz sostojaniia metodov i sredstv prinjatiia reshenii pri burenii skvazhin po kompleksnoi geologo-tekhnologicheskoi informacii [Analysis of the state of methods and decision-making tools in the drilling of wells for complex geological and technological information]. *Oborudovanie i tekhnologii dlia neftegazovogo kompleksa – Equipment and technologies for oil and gas industry, Vol. 111, 3, 51-59* [in Russian].
2. Diusenov, A. T. (2008). Povyshenie effektivnosti burenii skvazhin putem vybora optimalnogo sochetaniia tipov dolot i tekhnologicheskikh parametrov [Improving the efficiency of drilling by selecting the optimal combination of types of bits and technological parameters]. *Extended abstract of candidate's thesis*, Atyrau [in Russian].
3. Buktybaeva, S. K. (2010). Povyshenie effektivnosti burenii skvazhin na mestorozhdeniiakh s anomalno vysokim plastovym davleniem na osnove kompleksnoi geologo-geofizicheskoi i tekhnologicheskoi informacii [Improving the efficiency of drilling wells in fields with abnormally high reservoir pressure based on complex geological, geophysical and technological information]. *Extended abstract of candidate's thesis*, Atyrau [in Russian].
4. Lukianov, Je. E. (1979). *Issledovanie skvazhin v processe burenii* [Well drilling survey]. Moscow: Nedra [in Russian].
5. Gelfgat, Ja. A., Orlov, A. V., Finkelshtein, G. Je (1963). K voprosu ustanovleniia nekotorykh empiricheskikh zavisimostei pokazatelei raboty dolot ot parametrov rezhimov burenii v promyslovykh usloviiakh [On the establishment of some empirical

- dependencies of the performance of bits on the parameters of drilling modes in field conditions]. *Burenie glubokikh skvazhin – Drilling of deep wells*, «Works of VNIIBT», Vol. IX, 13-23. Moscow: Gostoptekhizdat [in Russian].
6. Gurevich, A. K., Krajchik, M. S., Barygina, N. B., et al. (1987). *Davlenie plastovykh fluidov [Pressure of formation fluids]*. Leningrad: Nedra [in Russian].
  7. Baidiuk, B. V., Abramson, M. G., et al. (1979). *Kompleksnaia metodika klassifikatsii geologicheskogo razreza i vybora effektivnykh tipov sharoshechnykh dolot dlia razburivaniia nefnianykh i gazovykh mestorozhdenii [Comprehensive methodology for the classification of the geological section and the selection of effective types of roller bits for drilling oil and gas fields]*. Moscow: VNIIBT [in Russian].
  8. Rodionov, D. A. (1968). *Statisticheskie metody razgranicheniia geologicheskikh ob'ektov po kompleksu priznakov [Statistical methods for distinguishing geological objects by a set of features]*. Moscow: Nedra [in Russian].
  9. Agaev, S. G. (1989). *Sistemnyi podhod k povysheniiu effektivnosti provodki skvazhiny [System approach to improving the efficiency of well wiring]*. *Extended abstract of candidate's thesis*, Baku [in Russian].
  10. Mirzadzhanzade, A. H., Agaev, S. G., Alimamedov, A. F. (1973). *Rukovodstvo po primeneniiu matematicheskoi teorii eksperimenta pri issledovanii svoistv gornykh porod I processa ikh razrusheniia [Guide to the application of the mathematical theory of experiment in the study of the properties of rocks and the process of their destruction]*. Moscow: Nedra [in Russian].
  11. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, Vol. 8, 338-353.
  12. Freund, J. E. & Walpole, R. E. (1980). *Mathematical Statistics*. Prentice-Hall International.
  13. Brown, D. F., Cuddy, S. J., Garmendia-Doval, A. B., McCall, J. A. W. (2000) The Prediction of Permeability in Oil-Bearing Strata using Genetic Algorithms. *Third IASTED International Conference Artificial Intelligence and Soft Computing*.
  14. Cuddy, S. J., Glover, P. W. J. (2002). The Application of Fuzzy Logic and Genetic Algorithms to Reservoir Characterization and Modeling. *Soft Computing for Reservoir Characterization and Modeling, Vol 80*, 219-241. DOI: 10.1007/978-3-7908-1807-9\_10
  15. Fang, J. H., Chen, H. C. (1997). *Fuzzy modeling and the prediction of porosity and permeability from the compositional and textural attributes of sandstone. J. of Petroleum Geology, Vol. 20, 2*, 185-204.
  16. Hismetov, T. V., Jefendiev, G. M., Kirisenko, O. G. (1997). *Ocenka pokazatelei bureniia I priniatie reshenii na osnove kompleksnoi geologo-tekhnologicheskoi informatsii [Evaluation of drilling performance and decision-making based on comprehensive geological and technological information]*. *Neftianoe khoziaistvo – Oil industry, Vol. 10*, 42-44 [in Russian].
  17. Pogarskij, A. A., Chefranov, K. A., Shishkin, O. P. (1981). *Optimizatsiia processov glubokogo bureniia [Optimization of deep drilling processes]*. Moscow: Nedra [in Russian].
  18. Bajdjuk, B. V., Abramson, M. G., Matveeva, A. M. et al. (1978). *Kompleksnyi mekhaniko-statisticheskii metod ocenki burimosti gornykh porod s celiu prognozirovaniia i optimizatsii processa obrabotki sharoshechnykh dolot [Complex mechanical and statistical method for estimating rocks drilling with the aim of forecasting and optimizing the process of machining of roller chisels]*. *Proceeding: Processy razrusheniia gornykh porod i puti uskoreniia bureniia skvazhin – The processes of destruction of rocks and ways to accelerate the drilling of wells*. (pp. 264-267). Ufa [in Russian].
  19. Sementsov, G. N., Gorbichuk, M. I. (1986). *Nekotorye aspekty izucheniia geologicheskogo razreza skvazhin v protsesse bureniia [Some aspects of the study of*

geological sections of wells in the drilling process]. *Izvestiia vuzov. Gornyi zhurnal. – News of Universities. Mining journal, Vol. 7, 79-83* [in Russian].

20. Shtur, V. V., Mavliutov, M. R., Filimonov, N. M., Abdullin, R. A. (1982). Regulirovanie perepada davleniia v zone razrusheniia porody pri burenii neftianykh i gazovykh skvazhin [Regulation of pressure drop in the zone of destruction of the rock while drilling oil and gas wells]. *Obzornaia informatsiia. Seria: Burenie – Survey information. Series: Drilling, VNIIOENG, 38, Vol. 20* [in Russian].

УДК 622.28

DOI: 10.33839/2223-3938-2019-22-1-62-71

**Б. Т. Ратов**, д-р техн. наук<sup>1,2</sup>; **Б. В. Федоров**, д-р техн. наук<sup>1</sup>; **А. Р. Байбоз**, PhD докторант<sup>1</sup>; **Д. Р. Коргасбеков**, PhD докторант<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Самбаев университет, ул. Самбаева 22, 050013, г. Алматы, Казахстан,  
e-mail: ratov@mail.ru*

<sup>2</sup>*Каспийский университет, пр. Сейфулина 521, 050000, г. Алматы, Казахстан  
e-mail: ratov@mail.ru*

## НОВОЕ ЛОПАСТНОЕ ДОЛОТО И ЕГО ИСПЫТАНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*Целью исследования является разработка лопастного долота типа пикобур, обладающего повышенной производительностью, стойкостью и пониженной энергоемкостью при бурении скважин в мягких породах и частично в породах средней твердости.*

*Методика исследований для достижения поставленной цели заключается в проведении следующих теоретических, опытно-конструкторских и экспериментальных работ: теоретический метод определения реального распределения внешней осевой нагрузки на резы, установленные по радиальным лопастям долота; анализ упомянутого распределения и выяснения причины “зависания” лопастных долот над центральной частью забоя скважины; выполнение опытно-конструктивных работ по созданию нового лопастного долота типа пикобур, при бурении которым отсутствует “зависание” долота; проведение изготовленными новыми пикобурами лабораторных исследований; статистическая обработка результатов испытаний новых пикобуров и обоснование ожидаемого экономического эффекта при их внедрении.*

*В результате разработан, изготовлен и запатентован пикобур, конструкция которого обладает новизной и полезностью; проведенные лабораторные исследования показали, что производительность бурения новым пикобуром повысилась на 24 %.*

*Внедрение запатентованного пикобура в практику бурения геотехнологических скважин даст определенный технологический и экономический эффект.*

*Полученные результаты могут быть использованы для создания лопастных пикообразных долот, оснащенных алмазно-твердосплавными резами PDC, которые с успехом будут применены при бурении нефтегазовых скважин.*

*Проведенные исследования имеют большое практическое значение ввиду массового бурения геотехнологических скважин для добычи уранового сырья в Республике Казахстан.*

*Ценность исследований заключается в получении новой научной информации, объясняющей осложнения при бурении лопастными пикообразными долотами и являющейся основой для разработки новых, патентоспособных долот, разрушающих породу в режиме резания.*

**Ключевые слова:** «зависание» долота, мягкие породы, пикобур, удаление резов, ось вращения, разрушение керна, буровой раствор, кернолом.