

<https://orcid.org/0000-0002-3451-9746>

<https://orcid.org/0000-0002-6604-2575>

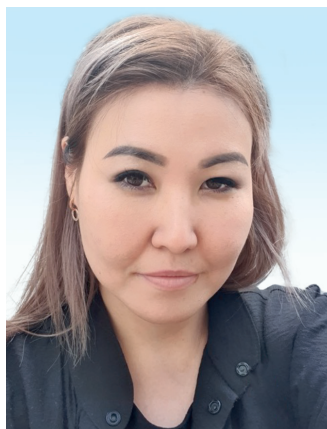
<https://orcid.org/0000-0003-3807-2774>

<https://orcid.org/0009-0002-9665-2662>

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ И ОСВОЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



**М.К. КАРАЖАНОВА,**  
PhD, доцент,  
[mikado\\_70@inbox.ru](mailto:mikado_70@inbox.ru)



**А.Г. КАСАНОВА,**  
докторант,  
[akkasanova@mail.ru](mailto:akkasanova@mail.ru)



**М.Т. ТАБЫЛГАНОВ,**  
к.т.н., доцент,  
[maxat.tabylganov@yu.edu.kz](mailto:maxat.tabylganov@yu.edu.kz)



**А.О. ЖАЙЛИЕВ,**  
докторант,  
[zhajliev1977@mail.ru](mailto:zhajliev1977@mail.ru)

КАСПИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖИНИРИНГА ИМ. Ш. ЕСЕНОВА  
Республика Казахстан, Мангистауская область, 130000, г. Актау, 32 мкр.

*В этой статье рассматриваются основные методы анализа и оценки качества используемых методов при бурении скважин, способы эффективности, с помощью которых различные подходы могут быть использованы для улучшения качества данных для принятия решений на разных этапах бурения и освоение. В ходе исследования были проанализированы расчеты каротажа в каждом интервале при бурении скважин. Анализ показал, что моделированию процессов сильно мешает неопределенность, связанная как со случайными, так и с нечеткими переменными. Кроме того, нечеткие переменные могут быть более предпочтительными при недостатке статистических данных и связанной с ними информации, необходимой для более точных и достоверных оценок. По результатам исследования было предложено усовершенствованный метод прогнозирования характеристик геологического разреза на основе комплексной геологической, геофизической и технологической информации с использованием вероятностно-статистических методов и нечеткой логики. Использование нечеткой логики обеспечивает более точное распознавание литологических различий пород разреза скважины и построение литологической колонны.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бурение, каротаж, коллектор, интервалы пород.

## КЕШЕНДІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША БҰРҒЫЛАУ КЕЗІНДЕГІ АСҚЫНУЛАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ ЖӘНЕ АНЫҚ ЕМЕС ЛОГИКАНЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ИГЕРУ

**М.К. КАРАЖАНОВА**, PhD, доцент, [mikado\\_70@inbox.ru](mailto:mikado_70@inbox.ru)

**А.Г. КАСАНОВА**, докторант, [akkasanova@mail.ru](mailto:akkasanova@mail.ru)

**М.Т. ТАБЫЛГАНОВ**, т.ф.к., доцент, [maxat.tabylganov@yu.edu.kz](mailto:maxat.tabylganov@yu.edu.kz)

**А.О. ЖАЙЛИЕВ**, докторант, [zhajliev1977@mail.ru](mailto:zhajliev1977@mail.ru)

Ш. ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯ  
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ,  
Қазақстан Республикасы, 130000, Ақтау қаласы, 32 мкр

*Бұл мақалада ұңғымаларды бұрғылау кезінде қолданылатын әдістердің сапасын талдау мен бағалаудың негізгі әдістері, бұрғылаудың әртүрлі кезеңдерінде шешім қабылдау үшін деректердің сапасын жақсарту үшін әртүрлі тәсілдерді қолдануға болатын тиімділік әдістері қарастырылады. Зерттеу барысында ұңғымаларды бұрғылау кезінде әр аралықта каротаж есептеулері талданды. Талдау процестерді модельдеуге кездейсоқ және бұлыңғыр айнымалылармен байланысты белгісіздік қатты кедергі келтіретінін көрсетті. Сонымен қатар, дәлірек және сенімді бағалау үшін қажетті статистикалық мәліметтер мен байланысты ақпараттың жетіспеушілігі кезінде бұлыңғыр айнымалыларға артықшылық берілуі мүмкін. Зерттеу нәтижелері бойынша ықтималдық-статистикалық әдістер мен анық емес логиканы пайдалана отырып, кешенді геологиялық, геофизикалық және технологиялық ақпарат негізінде геологиялық қиманың сипаттамаларын болжаудың жетілдірілген әдісі ұсынылды. Бұлыңғыр логиканы қолдану ұңғыманы кесу жыныстарының литологиялық айырмашылықтарын дәлірек тануды және литологиялық бағанның құрылысын қамтамасыз етеді.*

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** бұрғылау, каротаж, коллектор, тау жыныстарының аралықтары.

## PREVENTION OF COMPLICATIONS DURING DRILLING ACCORDING TO THE DATA OF COMPLEX GEOPHYSICAL AND GEOLOGICAL-TECHNOLOGICAL STUDIES AND DEVELOPMENT USING FUZZY LOGIC

M.K. KARAZHANOVA, PhD, docent, [mikado\\_70@inbox.ru](mailto:mikado_70@inbox.ru)  
A.G. KASSANOVA, doctoral student, [akkasanova@mail.ru](mailto:akkasanova@mail.ru)  
M.T. TABYLGANOV, c.t.s., доцент, [maxat.tabylganov@yu.edu.kz](mailto:maxat.tabylganov@yu.edu.kz)  
A.O. ZHAJLIEV, doctoral student, [zhajliev1977@mail.ru](mailto:zhajliev1977@mail.ru)

CASPIAN STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND ENGINEERING  
NAMED AFTER S. YESSENOV,  
Micro area 32 Aktau, 13000, Republic Kazakhstan

*This article discusses the main methods of analyzing and evaluating the quality of the methods used in drilling wells, efficiency methods by which various approaches can be used to improve the quality of data for decision-making at different stages of drilling and development. During the study, logging calculations were analyzed in each interval during well drilling. The analysis showed that the modeling of processes is strongly hindered by uncertainty associated with both random and fuzzy variables. In addition, fuzzy variables may be preferable if there is a lack of statistical data and related information needed for more accurate and reliable estimates. Based on the results of the study, an improved method for predicting the characteristics of a geological section based on complex geological, geophysical and technological information using probabilistic statistical methods and fuzzy logic was proposed. The use of fuzzy logic provides a more accurate recognition of lithological differences in the rocks of the well section and the construction of a lithological column.*

**KEY WORDS:** drilling, logging, reservoir, rock intervals.

**В**ведение. Качество сложной геологической, геофизической и технологической информации во многом определяется качеством информации, полученной при бурении и освоение скважины. Геолого-технологическое исследование предназначены для осуществления контроля за состоянием скважины в процессе бурения. Однако, как показывает анализ, качество информации, полученной в ходе бурения и освоение скважины, не всегда соответствует проектным требованиям, что, в свою очередь, усложняет процесс принятия решений.

Многочисленные исследования [7] указывают на необходимость проведения исследований для повышения качества информации, получаемой в ходе бурения, что требует использования соответствующих методов обработки и анализа данных.

Вероятность возникновения аварийных ситуаций при строительстве скважин и процессе бурения могут возникнуть следующие осложнения:

- нефтегазоводопроявления как управляемые, так и неуправляемые
- открытое фонтанирование;
- поглощение промывочной жидкости и тампонажного раствора (частичные или катастрофические)
- нарушение устойчивости пород, слагающих стенки скважин (осыпи, обвалы)
- самопроизвольно искривление оси скважин.

Возникновение осложнений и аварийных ситуации может привести как к прямому, так и косвенному воздействию на окружающую среду. Это уменьшение эко-

номических выгод в результате осложнений и аварийных ситуации приводящих к уменьшению капитала этой организации, исключая уменьшение вкладов по решению собственников организации.

Одной из основных задач, стоящих перед нефтяной промышленностью, является повышение эффективности освоения и качества буровых работ.

Это часто связано с улучшением сбора и обработки данных для повышения качества и эффективности бурения скважин. Кроме того, от качества данных, полученных при бурении скважины, во многом зависит результат геофизических исследовательских работ и качество технологических данных и каротажа. Однако анализ показывает, что качество интервальных данных, полученных во время бурения, не всегда соответствует проектным требованиям, что, в свою очередь, усложняет процесс принятия решений [1-5].

Плохое качество полученных данных создает больше препятствий для принятия системных решений, если они неверны, что, в свою очередь, приводит к осложнениям и авариям и напрямую влияет на улучшение общей эффективности бурения и разработки участка месторождения

Согласно опыту и многочисленным исследованиям, проводимым в процессе бурения и освоения скважины, для улучшения анализа качества данных бурения необходимо провести моделирование обработки и анализа данных и другие научные методы.

С этой целью в этой статье рассматриваются основные методы анализа и оценки качества используемых методов данных бурения, а также обсуждаются способы эффективности, с помощью которых различные подходы могут быть использованы для улучшения качества данных для принятия решений на разных этапах бурения и освоения.

**Материалы и методы исследований.** Анализ данных каротажа и общих данных измерений в процессе бурения скважин иногда сопряжен с ошибками, неопределенностями и нестабильными корреляциями между параметрами, которые необходимо изучить.

Эти проблемы характерны для инженерных, технологических, геологических и геофизических исследований [2-3], поскольку существует множество проблем, которые могут усложнить разработку и использование параметров бурения и коллекторов, особенно месторождений со сложной геологией, становится все труднее сравнивать значения одного и того же параметра, измеренные разными методами. Геофизические исследования на месторождений Жетыбай [12] приведена в *таблице 1*.

Например, на простые измерения технологических параметров, скорости проходки и свойств породы на основе каротажа могут влиять различные возмущения, которые невозможно учитывать, принимать во внимание; они могут включать изменения веса долота, минералогию и литологию породы, насыщающие флюиды, проникновение фильтрата бурового раствора и т.д. В отличие от традиционных методов, направленных на минимизацию потенциальных ошибок, оценка и анализ ошибок предполагают, что эта ошибка содержит полезную информацию

Прогнозирование информации об ошибках будет зависеть от того, какие проблемы мы можем решить, используя их для создания надежного инструмента, до-

Таблица 1 – Геофизические исследования на месторождений Жетыбай

Наименование исследования	Масштаб записи	Замеры производятся			Скважинная аппаратура и приборы		Промышленно-геофизическая партия		Номер таблиц СПВ на ПГМ
		при забое, м	в интервале, м		тип	группа сложности	название	дежурство на буровой, сут	
			от (верх)	до (низ)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ГТИ*	-	-	560	Забой	-	-	-	-	-
2. КС, ПС, БК, ИК, ГК, резистивиметрия, профилометрия (кавернометрия), термометрия, инклинометрия..	1:500	560	0	560	-	-	-	-	-
3. КС, ПС, БК, ИК, ГК, КНК, резистивиметрия, профилометрия (кавернометрия), термометрия, гироскопическая и цифровая инклинометрия.	1:500	2250, 2310, 2390	560	2250, 2310, 2390	-	-	-	-	-
4. КС, ПС, КВ, БК, БМК, МКЗ, ИК (ВИКИЗ), ГК, ННК, ГК-П, ГК-ЛП, АК, резистивиметрия, инклинометрия (т. з. ч/з 20 м).	1:200	2250, 2310, 2390	1650	2250, 2310, 2390	-	-	-	-	-
5. АКЦ, СГДТ, термометрия (запись прибором в эксплуатационной колонне на кабеле при спуске). Комплекс АКЦ произвести на технической воде с плотностью 1,02 г/см <sup>3</sup> .	1:500	2250, 2310, 2390	0 0 0 0	560 2250, 2310, 2390	-	-	-	-	-
6. Комплекс ГИС-контроль при испытании пластов в эксплуатационной колонне: плотнометрия (ПЛ), влагометрия (ВЛ), манометрия (МН), ГК, ЛМ, РИС, РГД, СГД.	1:500 1:200	В интервалах опробования			-	-	-	-	-

полняющего традиционные методы, необходимые инженерам-технологам, геологам и геофизикам, которые занимаются проблемами прогнозирования.

Анализ производительности долота для расчета каротажа [10] можно разделить на однородные интервалы для изучения закономерностей изменения параметров бурения в каждом интервале. Для этой цели доступны различные методы классификации.

Приводится постановка задачи классификации литотипов. Задается система  $p$  классов  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ , элементами которой являются различные карбонатные породы. Также задается пространство параметров  $X$ , элементами которого являются различные скважинные данные, например: кривая бокового каротажа, пористость по керну, цветность керна и др. Интерпретированные данные, то есть множество пар  $(\vec{X}_i, C_i)$ ,  $i = 1 \dots N$ , где

$N$  – количество данных, задают набор обучающих данных.

На основе обучающих данных необходимо построить отображение  $F$  :

$X \rightarrow C$  пространства наблюдаемых параметров  $X$  в множество типов  $C$ , обладающее следующими свойствами:

1.1 множества  $X$  являются связными;

1.2 количество ошибок вида  $F(\vec{x}_i) \neq C_i$  на множестве обучающих примеров является минимальным.

2) Посвящен описанию карбонатных характеристик. Карбонатные литотипы описываются набором физических характеристик: «подкласс», «структура», «биота», «спаритизация», «выщелачивание», «инкорнорация», «вторичное минералообразование», «тип коллектора», «емкость» [8]. Таким образом каждый класс  $C_i$  может быть представлен в виде набора характеристик, т.е является функцией многих переменных:

$$C_i = f(\vec{\alpha}), \quad (1)$$

где  $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_K)$  – вектор характеристик,  $K$  – число характеристик. Следовательно, задача построения отображения  $F : X \rightarrow C$  сводится к нахождению отображений:

$$F_i : X \rightarrow A_i, i = 1 \dots K, \quad (2)$$

где  $A_i$  – множество всех значений характеристики  $\alpha_i$ .

Конечное отображение  $F : X \rightarrow C$  представляет собой не что иное как функцию  $f \{A_1, A_1, \dots, A_K\}$ , определенную в (1).

Посвящен нелинейному иерархическому методу анализа главных компонент (h-NLPCA). Данный метод использует модель автоэнкодера для построения главных компонент. В методе h-NLPCA минимизируется сумма квадратов ошибок автоэнкодера  $E = \sum_{k=1}^d \sum_{n=1}^N (x_n^k - \hat{x}_n^k)^2$ , где  $x_n^k - \hat{x}_n^k$  -исходные и реконструированные данные соответственно,  $d$ -размерность пространства параметров,  $N$  – количество исходных данных.

Главной особенностью метода h-NLPCA является использование иерархического представления суммы квадратов ошибок:

$$E_H = \beta E_1 + E_{1,2} \quad (3)$$

где  $\beta$  – множитель Лагранжа,  $E_1$  и  $E_{1,2}$  – суммы квадратов ошибок при использовании только одной компоненты и совместного использования 1го и 2го свойства соответственно.

Данный подход использовался для выделения главных компонент для обучающего набора исходных литотипов описывается вероятностный алгоритм машины опорных векторов [6, 9]. В соответствии с ним на первом этапе строятся отдельные машины опорных векторов для каждого класса. Далее на основе построенных машин опорных векторов определяется апостериорная плотность вероятности принадлежности точек пространства параметров к конкретному классу:

$$P(A_i | \vec{x}) = p(\vec{x}) = 1 / (1 + \exp(Ag(\vec{x}) + B)), \quad (4)$$

где функция  $g(\vec{x})$  – выходной сигнал машины опорных векторов, а константы  $A$  и  $B$  определяются методом максимального правдоподобия для тренировочного набор.

В конечном итоге определяется вероятность принадлежности каждой точки пространства  $X$  к конкретному классу. Далее для любой точки пространства  $X$  определяется наиболее вероятный класс.

Приведены результаты расчетов для реального месторождения. Все совокупность исходных данных была разделена на две группы: данные для обучения машины опорных векторов и тестовые данные, на которых проводилась валидация алгоритма. Общая ошибка определения литотипа составила 8%

**Результаты и обсуждение.** Сегодня нечеткая логика успешно используется для оценки литологии и характеристики свойств коллектора

В связи с этим соответствующие станции геолого-геофизического технологического контроля, информационно-измерительные системы, что выявило и подняло на новую ступень регулярности в изменении результатов наблюдений относительно их среднего значения

Эти закономерности или распределения были близко аппроксимированы непрерывными кривыми, называемыми "нормальными кривыми ошибок", и подчинялись законам случайности [4-11].

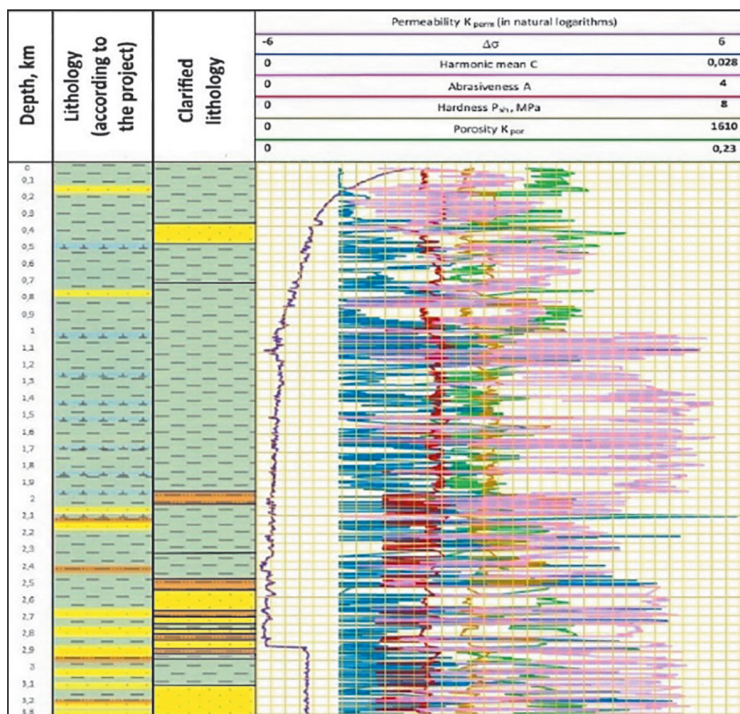


Рисунок 1 – Результаты расчетов и уточненный литологический столб скважины на месторождении Жетыбай

В целом анализ показывает, что моделированию процессов сильно мешает неопределенность, связанная как со случайными, так и с нечеткими переменными. Случайные величины указывают на то, что исследуемые переменные могут принимать разные значения с разной вероятностью. С другой стороны, нечеткие переменные передают приблизительный характер определения значений таких переменных. Кроме того, нечеткие переменные могут быть более предпочтительными при недостатке статистических данных и связанной с ними информации, необходимой для более точных и достоверных оценок. Такие оценки механических свойств горных пород могут быть основаны на информации о физических свойствах горных пород, полученной из каротажа скважин с использованием вероятностно-статистических методов и теории нечетких множеств. Изучение рассматриваемых соотношений позволило нам разработать обоснованную расчетную модель для определения геологических характеристик.

**Заключение.** При изучении геологических разрезов основное внимание уделяется оценке и прогнозированию литолого-емкостных и механических характеристик горных пород

Показаны способы получения и использования комплексной информации о разрезе скважины на основе сравнительного анализа изменений свойств горных пород и скорости проходки, которые позволяют выявлять однородные интервалы с точки зрения свойств горных пород и буримости в целом, отслеживать интервалы возможных осложнений и т.д.

Предложен усовершенствованный метод прогнозирования характеристик геологического разреза на основе комплексной геологической, геофизической и технологической информации с использованием вероятностно-статистических методов и нечеткой логики. Использование нечеткой логики обеспечивает более точное распознавание литологических различий пород разреза скважины и построение литологической колонны.

Используя усовершенствованный алгоритм, были выполнены прогнозные расчеты для разрезов скважин.

Правильная и точная прогнозная оценка и установление интервалов с аномальными давлениями, а также их значений позволят в каждом конкретном случае, т.е. в конкретных условиях бурения и освоение скважины, оперативно принимать наиболее обоснованные и правильные решения, сократить число аварий, тем самым резко улучшить технологические показатели бурения скважин. 🌐

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Закревекий К. Е. Геологическое 3D моделирование. Москва: ООО ИПЦ Маска, 2009. – С. 33-37. [Zakrevekij K. E. Geologicheskoe ZV modelirovanie. Moskva: ООО IPC Maska, 2009. – S. 33-37]
- 2 Хмелевской В. К., Горбачев Ю. И., Калинин А. В. и др. Геофизические методы исследований. Изд-во КГПУ, 2004. – С. 13-18. [Hmelevskoj V. K., Gorbachev Yu. I., Kalinin A. V. i dr. Geofizicheskie metody issledovanij. Izd-vo KGPU, 2004. – S. 13-18.]
- 3 Волож Ю.А., Пилифосов В.М., Сапожников Р.Б. Тектоника Туранской плиты и Прикаспийской впадины по результатам региональных геофизических исследований. В кн.: Проблемы тектоники Казахстана. – Алма-Ата, "Наука" КазССР. – 1981. – С. 170-178.



- [Volozh YU.A., Pilifosov V.M., Sapozhnikov R.B. Tektonika Turanskoj plity i Prikaspijskoj vpadiny po rezul'tatam regional'nyh geofizicheskikh issledovanij. V kn.: Problemy tektoniki Kazahstana. – Alma-Ata, "Nauka" KazSSR. – 1981. – s. 170-178.]
- 4 Сулейменов Н.С., Подгорнов В.М. Удаление фильтрационных корок буровых растворов в процессе кислотной обработки с учетом фракционного состава карбонатного наполнителя // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2019. – №4. – С. 8-11. [Sulejmenov N.S., Podgornov V.M. Udalenie fil'tracionnyh korok burovyh rastvorov v processe kislотноj obrabotki s uchetom frakcionnogo sostava karbonatnogo napolnitelya // Vestnik Associacii burovyh podryadchikov. – 2019. – №4. – С. 8-11.]
  - 5 Алиев З.С., Сейтжанов С.С. Метод определения текущей длины горизонтального участка нефтяной скважины в условиях истощения залежи // Нефть, газ и бизнес. – 2010. – №12. – С. 80-82. [Aliiev Z.S., Sejtzhanov S.S. Metod opredeleniya tekushchej dliny gorizontalnogo uchastka neftyanoj skvazhiny v usloviyah istoshcheniya zalezhi // Neft', gaz i biznes. – 2010. – №12. – С. 80-82.]
  - 6 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 [Analiz sostoyaniya metodov i sredstv prinyatiya reshenij pri burenii skvazhin po kompleksnoj geologo-tehnologicheskoy informacii / I. I. Dzhanzakov, I. A. Piriverdiev, K. P. Gulizade i dr. // Oborudovanie i tehnologii dlya neftegazovogo kompleksa. – 2019. – 111, №3. – С. 51-59. ISSN 1999-6934]
  - 7 Булекбаев З.Е. и др. Месторождения нефти и газа Казахстана (справочник). – Алматы: Недра, 1997. С.– 325. [Bulekbayev Z.B. i dr. Mestorozhdeniya nefti i gaza Kazakhstana (spravochnik). – Almaty: Nedra, 1997. S.– 325.]
  - 8 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. – С.-24. [Buktybaeva S. K. Povyshenie effektivnosti bureniya skvazhin na mestorozhdeniyah s anomalno vysokim plastovym davleniem na osnove kompleksnoj geologo-geofizicheskoy i tehnologicheskoy informacii / Avtor. kand. diss. – Atyrau, 2010. – S.-24.]
  - 9 Лукьянов Э. Е. Исследование скважин в процессе бурения. – М.: Недра, 1979. С.– 248. [Lukyanov E. E. Issledovanie skvazhin v processe bureniya. – M.: Nedra, 1979. S.– 248.]
  - 10 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. [Gelfgat Ya. A., Orlov A. V., Finkelshtejn G. E. K voprosu ustanovleniya nekotoryh empiricheskikh zavisimostej pokazatelej raboty dolot ot parametrov rezhimov bureniya v promyslovyh usloviyah // Burenie glubokih skvazhin. – M.: Gostoptehizdat, 1963. – «Trudy VNIIBT», вып. IX. – S.13-23.]
  - 11 Давление пластовых флюидов / А. К. Гуревич, М. С. Крайчик, Н. Б. Барыгина и др. – Л.: Недра, 1987. С. – 223. [Davlenie plastovyh flyuidov / A. K. Gurevich, M. S. Krajchik, N. B. Varygina i dr. – L.: Nedra, 1987. S. – 223. ]
  - 12 Отчет о проведении геолого-геохимических и технологических исследований на месторождений Жетыбай, - г.Актобе, 2021. С. – 51-52. [Otchet o provedenii geologo-geohimicheskikh i tehnologicheskikh issledovaniy na mestorozhdenij Zhetybaj, - g.Aktobe, 2021. S. – 51-52.]