

Толеугалиев Замир Жанболатович, студент магистратуры

нефти и горного дела им. К. Турысова, Satbayev University, Казахстан, г. Алматы

Умирова Гульзада Кубашевна, доктор PhD, сениор-лектор кафедры Геофизики,

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова, Satbayev University,

Казахстан, г. Алматы

Berube Pierre, доктор PhD, Polytechnique Montréal, Канада, г. Монреаль, Квебек

**СОЗДАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЮРСКОЙ ПРОДУКТИВНОЙ
ТОЛЩИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНЫЕ БУЗАЧИ С ЦЕЛЮ
ДОРАЗВЕДКИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ДАННЫХ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ГИС**

Аннотация: в работе показана высокая эффективность применения сейсморазведки 3D для целей изучения структурно-тектонических особенностей строения как всего разреза от доюрских образований и до апта включительно, так и для создания сейсмогеологической модели, описывающей строение и литолого-фациальные особенности коллекторов, продуктивных на месторождении Северные Бузачи.

Ключевые слова: месторождение Северные Бузачи, комплексная интерпретация данных 3D сейсморазведки и ГИС, геологическое строение, сейсмогеологический разрез, продуктивные горизонты.

Abstract: the paper shows the high efficiency of 3D seismic exploration for the purpose of studying the structural and tectonic features of the structure of the entire section from the pre-Jurassic formations to the APTA inclusive, and for creating a

seismogeological model describing the structure and lithofacial features of reservoirs productive at the Severnye Buzachi field.

Keywords: Severnye Buzachi field, complex interpretation of 3D seismic survey and GIS data, geological structure, seismogeological section, productive horizons.

Современное состояние нефтегазовой отрасли в Казахстане таково, что крупные месторождения характеризуются истощением продуктивных пластов и высоким обводнением добываемой нефти. В эксплуатацию вводятся месторождения со сложным геологическим строением и ухудшенными коллекторскими свойствами продуктивных горизонтов, затрудняющими извлечение нефти. Поэтому особую актуальность приобретают методы повышения эффективности освоения месторождений, апробация новых технологий, приводящих к наиболее полному извлечению нефти из недр. На сегодняшний день ключевым вопросом является создание адекватной природным объектам геологической основы для повышения эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, что, в свою очередь, связано с созданием новых и усовершенствованием существующих геологических моделей месторождений [1].

В настоящей работе на примере месторождения Северные Бузачи показаны возможности актуализации геологических моделей на основе геофизических измерений.

Интерес к району месторождения Северные Бузачи начался в 1958 г., когда гравиметрическими работами в западной части полуострова Бузачи был установлен ряд гравитационных максимумов: Северо-Бузачинский, Каражанбасский, Жуманский и др.

Само месторождение Северные Бузачи было открыто в 1975 г. по результатам проведения сейсморазведки 2D и поискового бурения (Гурьевская геофизическая экспедиция). Для повышения информативности сейсмических материалов в разные годы разными исследователями проводились сейсморазведочные работы МОГТ-2D

и 3D, позволившие существенно уточнить структурно-тектоническую характеристику района сочленения месторождений Каражанбас Северный и Северные Бузачи [2].

Первые сведения о нефтегазоносности месторождения были получены в виде образцов нефтенасыщенного керна и положительных результатов геофизических исследований скважин (ГИС), проведенных в структурно-поисковых скважинах [3]. Первые притоки нефти были получены из неокомских и юрских отложений.

Промышленная разработка месторождения ведется с 2004 г. Первые эксплуатационные скважины вошли в работу с высокими среднегодовыми дебитами нефти, а с 2006 г. началось падение дебитов. В 2010-2011 годах началось массовое бурение горизонтальных скважин и боковых горизонтальных стволов.

В интервале 2008-2012 г. г. с учетом результатов детальных сейсморазведочных работ 2Д и 3Д, новых данных, полученных при бурении скважин, было уточнено местоположение разрывных нарушений месторождения Северные Бузачи. Данные, полученные в результате бурения позволили уточнить характер строения месторождения и фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов. В пределах месторождения было выделено 12 блоков, границы которых лишь частично совпадают с прежними границами [3]. Таким образом, мы видим, что изученность месторождения можно характеризовать, как высокую. Тем не менее, задача изучения более тонких представлений о геологическом строении мезозойского комплекса является приоритетной при проведении исследований в данном районе. Целевыми геологическими объектами являются отложения неокома и юры с глубиной залегания 200-550 м. Помимо традиционных ловушек антиклинального типа на территории исследований имеются ловушки литологического типа, а также блоковые структуры. Поэтому, особое значение должно отводиться прослеживанию тектонических нарушений, зон литологического замещения, песчаных тел с высокими коллекторскими свойствами.

На месторождении Северные Бузачи вскрыты отложения верхнепалеозойского, триасового, юрского и нижнемелового возрастов. Наиболее полно охарактеризованы керном и палеонтологическими данными отложения юры, неокома и апта и в меньшей степени – триас [3]. Нефтегазоносность месторождения Северные Бузачи связана со среднеюрскими и нижнемеловыми отложениями. В пределах продуктивной части разреза месторождения выделяются 8 продуктивных пластов в меловых отложениях (А, А1, А2, Б, В, ГВ, ГН и Д1) и два (Ю-1 и Ю-2) – в юрских. К этим пластам приурочены нефтяные и газонефтяные залежи. Неокомские пласты А, А1 и А2 содержат газовые шапки. Основные запасы месторождения приурочены к юрским отложениям.

В соответствии с тезисами Ю.А.Воложа, в тектоническом отношении месторождение Северные Бузачи находится в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы с Евразийской платформой, а точнее в зоне сочленения рифейско-кайнозойской южной части Прикаспийской впадины с мезозойско-кайнозойской Скифско-Туранской плитой.

На формирование современного положения Северо-Бузачинской структуры оказывает влияние активизация тектонических движений в смежных орогенических областях. Эти движения привели к активному формированию локальных структур, возникновению движений по разломам древнего заложения (вдоль региональных сдвигов) и образованию новых локальных разрывных нарушений в верхних частях осадочного чехла.

По результатам интерпретации современных геолого-промысловых материалов структурный план месторождения Северные Бузачи представляет собой асимметричную, нарушенную сериями разломов брахиантиклинальную складку субширотного простирания, осложненную серией разрывных нарушений субширотной и субмеридиальной ориентировки [3].

Задача доизучения геологического строения перспективных на углеводороды территорий на сегодняшний день решается на основе построения геологических

моделей. Построение геологической модели представляет собой замену реального природного объекта на некоторое формализованное представление о нем. Трехмерное моделирование, в первую очередь, оптимизировано для случаев детально разбуренных участков месторождений. В то же время множество нефтегеологических объектов, для которых необходимо создание объемных моделей, находятся в такой стадии, когда данных бурения недостаточно. При небольшом объеме скважинных данных аппарат трехмерного моделирования создает набор принципиально отличающихся реализаций, что резко снижает его эффективность. При недостаточном количестве скважин геологическая модель считается неустойчивой [4].

В этой связи особую актуальность в последнее время получили задачи интеграции в модель дополнительных данных, уточняющих модель в межскважинном пространстве. Прежде всего – это данные сейсморазведки и ГИС [4].

Целью данных исследований является создание геологической модели юрской продуктивной толщи месторождения Северные Бузачи для оптимизации доразведки и освоения трудноизвлекаемых запасов нефти на основе комплексной интерпретации данных 3D сейсморазведки и ГИС.

Основные задачи исследования:

- Выполнение структурных построений по сейсмическим горизонтам;
- Выявление и трассирование тектонических нарушений, зон литологического замещения, локальных геологических тел по данным анализа атрибутов и особенностям рисунка волнового поля;
- Уточнение строения залежей (резервуаров), определения их внешних границ и зон распространения коллекторов, прогноза развития песчаных (в том числе газо- и нефтенасыщенных) тел.

Полевые сейсморазведочные работы методом МОГТ-3D проводились на месторождении Северные Бузачи в различные годы и на разных участках

(Центральный, Восточный и Западный). Все они начинались с реализации опытных работ по выбору условий возбуждения упругих колебаний, их регистрации и выбору системы полевых наблюдений. Анализ качества регистрации данных позволил выбрать наиболее эффективную систему полевых наблюдений на территории месторождения Северные Бузачи: псевдокрест с шагом между профилями 100 м, а между пунктами приема 25 м. Использовались взрывные источники с шагом между пунктами взрыва 25 м. При такой системе наблюдений полная номинальная кратность составила 24; размер бина – 12,5*12,5 м*м; количество активных каналов – 1024. Несмотря на существенные различия в полевых системах по съёмкам разных лет, достаточно хорошее качество полевых сейсмограмм, позволило получить объединённый куб сейсморазведочной информации и провести необходимый объем процедур для построения актуальной геологической модели месторождения Северные Бузачи.

Задача геометризации песчаных и русловых тел в пространстве и определения внешних границ залежей (структурных, литологических, тектонических: уточнение положений ГНК и ВНК) решается путем проведения комплекса ГИС или переинтерпретации материалов скважинной геофизики. Качественная переинтерпретация скважинных данных возможна только при наличии:

- современных сейсмических данных. Сейсморазведка 3D и геологическая интерпретация объединённого куба на территории Северные Бузачи была проведена в 2008 г по Западному блоку;

- бурения новых скважин. В период с 2007-2009 г. г. на территории месторождения Северные Бузачи было пробурено 304 скважины;

- отбор и исследования керна. Начиная с 2007 г. отбор керна осуществлялся по 7 скважинам

Анализ имеющегося комплекса ГИС показал, что основные методы ГИС (ПС, ИК, РК, БК) выполнены, практически, в полном объеме, что определяет достаточную полноту геофизической информации в скважинах месторождения

Северные Бузачи и, что он вполне достаточен для решения качественных и количественных задач - литологического расчленения, выделения коллекторов и оценки характера их насыщения, для определения подсчётных параметров.

В результате проведения геологической интерпретации сейсморазведочных данных и их привязки к скважинной информации, получены структурные карты по 6-ти реперным отражающим горизонтам. На Рисунке 1 представлена структурная карта по поверхности доюрского комплекса (V), анализ которой показывает, что месторождение расположено над шовной зоной, разделяющей две надпорядковые структуры – южную часть Восточно-Европейской платформы (южный борт Прикаспийской впадины) и центральную часть Скифско-Туранской плиты (северо-восточная часть Западно-Туранской зоны развития триасовых грабенов). Сочленение этих элементов происходит по Южно-Эмбенскому сдвигу, который фиксируется на отчётной площади по особенностям волновой картины на уровне доюрских отложений. Этот сдвиг делит месторождение на две части – северную и южную.

Среднеюрская толща заключена между двумя поверхностями несогласия, которые характеризуют ее подошву (ОГ V) и кровлю (ОГ III). Внутреннее строение толщи характеризуется развитием трех сеймостратиграфических комплексов (ССК): поддельтового, дельтового и наддельтового. Вовремя преднеокомского перерыва в осадконакоплении верхняя часть среднеюрских отложений была уничтожена размывом. В результате этого под поверхность несогласия на разных участках площади выходят разновозрастные отложения. Внутреннее строение среднеюрской толщи проиллюстрировано на сеймогеологическом разрезе (Рисунок 2).

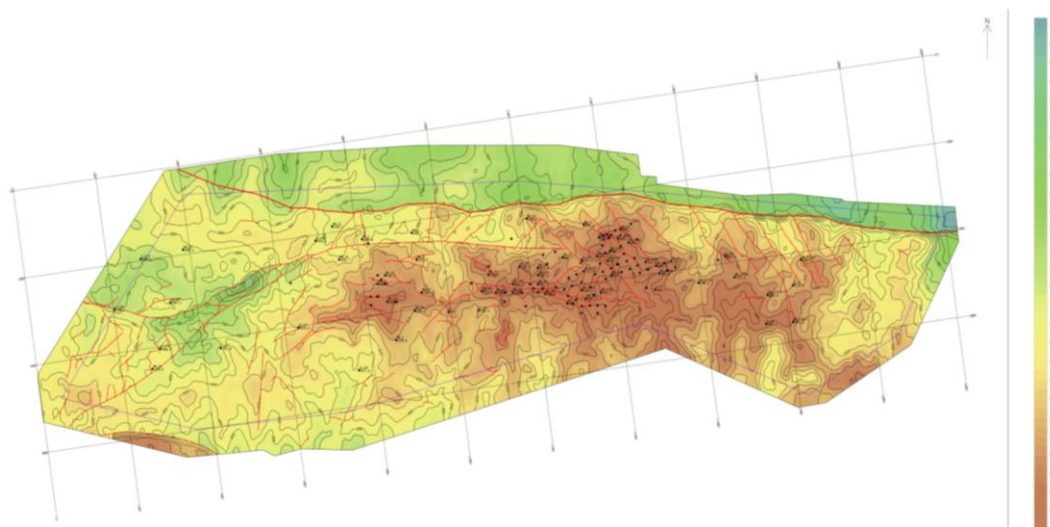


Рисунок 1. Структурная карта по кровле доюрских отложений (отражающий горизонт V) [6]

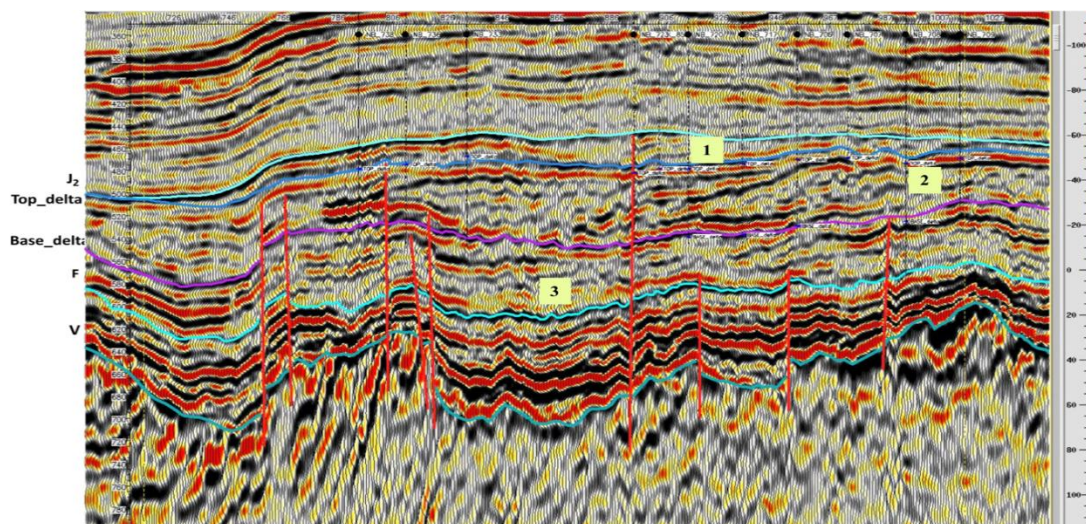


Рисунок 2. Сейсмогеологический разрез, иллюстрирующий внутреннее строение среднеюрской толщи:

1 – наддельтовый, 2 – дельтовый и 3 – поддельтовый комплексы [6]

Одним из стандартных методов динамического анализа, который дает возможность получить дополнительную информацию из результатов интерпретации волнового поля, является сейсмическая инверсия. Этот метод математического сейсмического моделирования интегрирует результаты динамической интерпретации сейсморазведочных данных с результатами бурения, ГИС и ВСП. Совместный анализ скважинных и сейсмических данных дает

возможность, с определенным приближением, оценить распределение фильтрационно-емкостных свойств исследуемых пластов-коллекторов по площади. На сегодняшний день этот метод является наиболее эффективным инструментом для решения задач прогнозирования геологического разреза.

На месторождении Северные Бузачи проводилась амплитудная инверсия. Амплитудная инверсия позволяет восстановить вертикальный импеданс акустического импеданса при условии нормального падения однократно отраженных волн в каждой точке пространства. На первом этапе изучались петрофизические особенности изучаемой продуктивной толщи. Анализ выполненных вычислений показал, что в условиях района исследований наиболее информативным методом ГИС является объемная плотность пород. По значениям параметра удалось не только уверенно разделить разрез по литологии на песчаники и глины, но и оценить качество коллекторов. Поскольку математический аппарат акустической инверсии реализован только под акустический импеданс, то проводились меры по пересчету (с помощью уравнению Гарднера) объемной плотности на так называемую псевдоскорость.

Проведение акустической инверсии предусматривает проведение подготовительных работ, включающих в себя привязку скважин к сейсмическому разрезу, подбор оптимального количества скважин, участвующих в расчете фоновой (исходной) модели, а также анализ формы и частотных характеристик сигнала.

Далее в пакете Geostatistical Volume Creation по сейсмическим данным строилась объемная модель, максимально отражающая геологическое представление о строении разреза. Для восстановления полной характеристики среды, ограничения результатов инверсии в процессе оптимизации решения и в качестве низкочастотной компоненты, к сейсмическому диапазону частот добавлялась фоновая модель.

В построении каркаса фоновой модели использовалось 8 отражающих горизонтов (таблица 1):

Таблица 1. Отражающие горизонты

1	TopNeoA	приурочен к кровле неокомских отложений
2	П_А2к	контролирует кровлю пласта А2
3	П_Бк	приурочен к кровле пласта Б
4	П_Вк	контролирует кровлю пласта В
5	П_Гк	контролирует кровлю пласта Г
6	Reper D	приурочен к кровле клиноформенной части неокома
7	III	контролирует несогласие юра/мел
8	V	контролирует несогласие юра/триас

На следующем этапе проводилась непосредственно акустическая инверсия. В результате псевдоакустических преобразований были рассчитаны кубы: псевдоскорости (для использования в дальнейшей интерпретации) и импеданса (для контроля площадных распределений). На Рисунке 3 приведен пример вертикального сечения куба псевдоскорости во всем целевом интервале. На траекторию скважин вынесена кривая интервалов коллекторов. В целом, поведение низкоскоростных интервалов, ассоциируемых с коллекторскими толщами, подтверждается скважинной информацией.

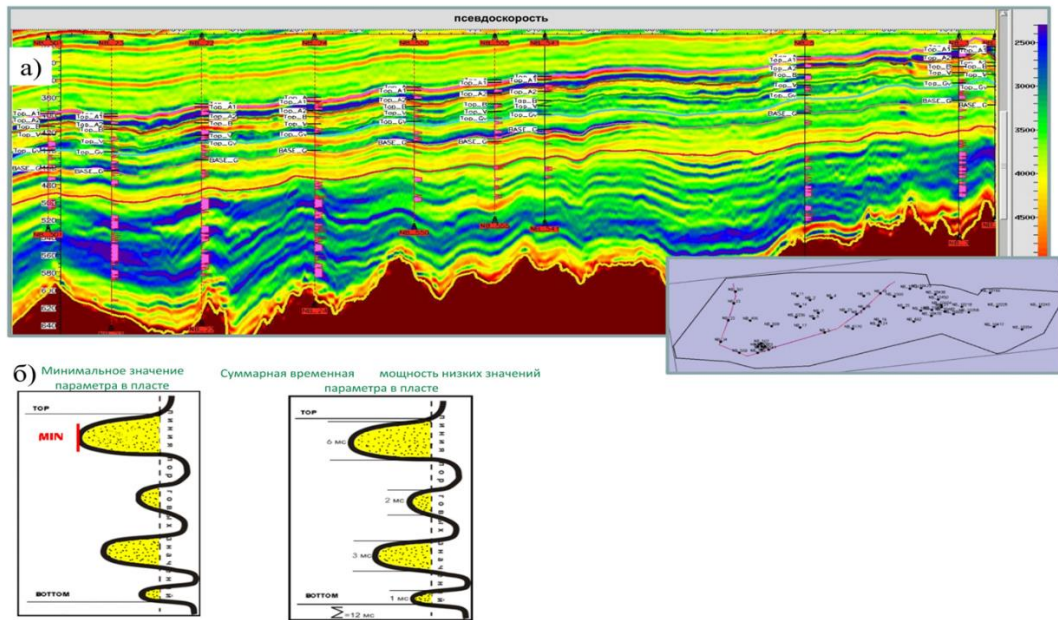


Рисунок 3. Пример вертикального сечения куба псевдоскорости (а). Параметры, извлекаемые из куба псевдоскорости (б) [6]

Для изучения фильтрационно-емкостных свойств горных пород месторождения были выведены специальные преобразования, обосновывающие зависимости пористости и псевдоскорости. Уравнение регрессии имеет следующий вид (1):

$$K_p = (0,54 - 0,00010 \times V_p) \times 100, (\%) \quad (1)$$

По данной формуле куб псевдоскорости был пересчитан в куб пористости. Анализ этого куба показал, что в мощных пластах-коллекторах значения параметра, полученные по данным ГИС, хорошо согласуются по абсолютным значениям с пористостью, извлеченной из куба пористости в точках скважин. Вместе с тем, для маломощных песчаных прослоев значения пористости в кубе значительно ниже фактических, из-за ограничения расчлененности разреза по сейсмическим данным. Несоответствие значений пористости наблюдается и в зоне присутствия газонасыщенных коллекторов. Как отмечалось выше, присутствие газа в разрезе выражается скоростными аномалиями (низкие значения скорости), что в свою очередь существенно завышает рассчитанные по результату инверсии значения

пористости. Согласно теории Биота-Гассмана, наибольшие искажения волнового поля и, как следствие, расчетного параметра наблюдается в приконтактной зоне [6].

Анализом петрофизических характеристик исследуемого разреза была установлена возможность литологического расчленения разреза по параметру псевдоскорости. Для этого были рассчитаны гистограммы распределения параметра по отдельным литофациям и проведено сопоставление вертикального разреза псевдоскорости с кривой Гамма-каротажа и интервальной кривой коллекторов. По результату проделанной работы были подобраны значения псевдоскорости по трем основным литотипам и по значениям псевдоскорости каждому литотипу было задано число соответствия (таблица 2):

Таблица 2. Значения псевдоскорости по литотипам

1	Песчаники	$V_p < 3350$	10
2	Алевролиты	$3350 < V_p < 3550$	20
3	Глинистые и плотные породы	$V_p > 3550$	35

Для более четкой выразительности изучаемого комплекса, породам триаса было присвоено значение «40». Используя логические функции, куб псевдоскорости был пересчитан в куб литологии. Кубы пористости и литологии показаны на рисунках 4 и 5.

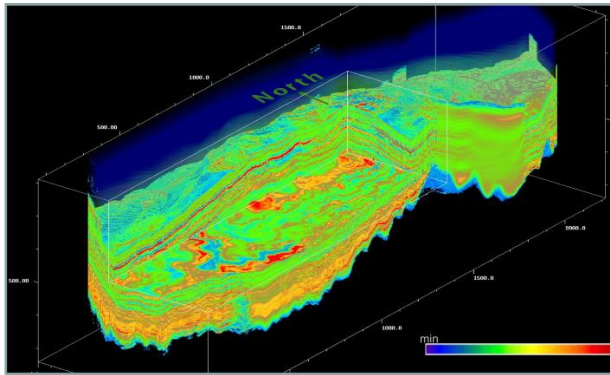


Рисунок 4. Куб пористости

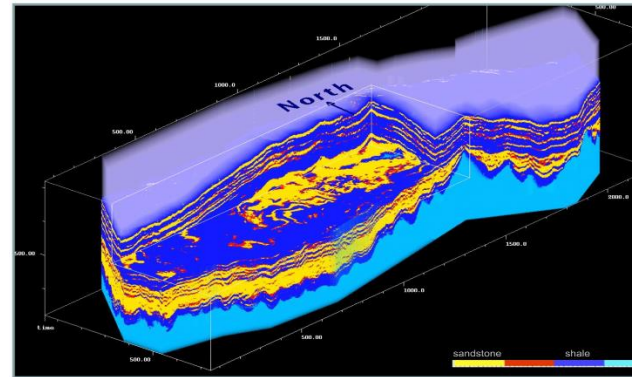


Рисунок 5. Куб литологии

В результате проведённых работ показана высокая эффективность применения сейсморазведки 3D для целей изучения структурно-тектонических особенностей строения как всего разреза от доюрских образований и до апта включительно, так и для создания сейсмогеологической модели, описывающей строение и литолого-фациальные особенности коллекторов, продуктивных на месторождении Северные Бузачи.

Сделан вывод о том, что процесс комплексирования данных ГИС, анализа керна и отбиток по основным структурно-формационным границам разреза с данными 3D-сейсморазведки, позволяет выполнять детальную геологическую интерпретацию и получить геологическую информацию современного уровня.

Работа выполнена с учётом выделенных тектонических нарушений и деформаций, происходивших от поздне триасового до неоген-четвертичного времени.

Библиографический список:

1. Бакиева А. Б. Уточнение модели среднеюрских отложений месторождения Северные Бузачи с целью оптимизации освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья. Автореферат на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук. 2014, Москва.

2. «Актуальные вопросы нефтегазовой отрасли» Сборник трудов АО «НИПИнефтегаз». Актау. 2016 г.
3. Калешева Г. Е. Геолого-физическая характеристика месторождения Северные Бузачи // «Молодой ученый» - 2015. - №24. - С. 299-301.
4. <https://www.petroileumengineers.ru/forum/13138>.
5. Шималин А. В., Григорьянц В.Г. и др. Сейсморазведочным работам в Казахстане 60 лет. Издательство "Дидар лтд.", Алматы. 2009 г.
6. Отчет. Якукин В.И. и др. О результатах сейсморазведочных работ 3 D, обработки и интерпретации сейсмических материалов объединенного куба 3D по площади Северные Бузачи. Москва. 2009 г.