

УДК 551.7, 622.24

МРНТИ 38.53.23, 52.47.15

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108695>

Получена: 06.12.2023.

Одобрена: 23.02.2024.

Опубликована: 31.03.2024.

Научный обзор

Специфика геологического строения Алакольского бассейна и выбор конструкции буровых скважин

А.Е. Чакликов¹, В.В. Коробкин¹, А.А. Исмаилов¹, М.М. Буслов², Ж.С. Тулемисова¹

¹Казахстанско-Британский Технический Университет, г. Алматы, Казахстан

²Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

На основании геолого-геофизических данных составлен литолого-стратиграфический разрез фундамента и чехла Алакольского бассейна с детализацией литолого-палеогеографических обстановок. Выделены нефтематеринские комплексы, коллекторы и покрышки. Обоснована схема тектонического районирования, приведены структурные характеристики разломов и литолого-фациальные особенности разреза. Установлена сложная многостадийная тектоническая эволюция. Выделены потенциально перспективные стратиграфические нефтегазоносные комплексы: юрский (мезозой) и верхний девон (фамен), нижний карбон, пермский (палеозой). Глубинное строение региона иллюстрируется геолого-геофизическим разрезом. Проведена корреляция стратиграфического диапазона углеводородного потенциала Алакольского бассейна. Обоснован вероятностный прогноз на поиски углеводородного сырья. На этой геолого-геофизической основе разработана конструкция буровой скважины и намечено её положение для вскрытия пород чехла и фундамента.

Ключевые слова: Алакольский бассейн, структурно-тектонический анализ, литолого-стратиграфический разрез, стратиграфическая корреляция, литолого-палеогеографические реконструкции, углеводородный потенциал, конструкция буровой скважины.

Как цитировать:

Чакликов А.Е., Коробкин В.В., Исмаилов А.А., Буслов М.М., Тулемисова Ж.С. Специфика геологического строения Алакольского бассейна и выбор конструкции буровых скважин // *Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана*. 2024. Том 6, №1. С. 18–34. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108695>.

UDC 551.7, 622.24

CSCSTI 38.53.23, 52.47.15

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108695>

Received: 06.12.2023.

Accepted: 23.02.2024.

Published: 31.03.2024.

Review article

Specifics of the Geological Structure of the Alakol Basin and the Choice of Drilling Well Design

Akhan Ye. Chaklikov¹, Valeriy V. Korobkin¹, Abdulakhat A. Ismailov¹,
Mikhail M. Buslov², Zhamal S. Tulemissova¹

¹The Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

²The Institute of Geology and Mineralogy named after V.S. Sobolev SB RAS, Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

Based on geological and geophysical data, a lithological and stratigraphic section of the basement and sedimentary cover of the Alakol basin was compiled, detailing the lithological and paleogeographic settings. Oil source rocks, reservoirs and seals are identified. The tectonic zoning scheme is substantiated, the structural characteristics of the faults and the lithologic-facial features of the section are given. A complex multi-stage tectonic evolution has been identified. Potentially promising stratigraphic oil and gas complexes have been identified – Jurassic (Mesozoic) and Upper Devonian (Famennian) – Lower Carboniferous-Permian (Paleozoic). The deep structure of the region is illustrated by a geological and geophysical section. The correlation of the stratigraphic range of hydrocarbon potential of the Alakol basin was carried out. A probabilistic forecast for the search for crude hydrocarbons is substantiated. On this geological and geophysical basis, the design of the borehole was developed and its position for opening the cover and basement rocks was outlined.

Keywords: *Alakol basin; structural-tectonic analysis; lithologic-stratigraphic section; stratigraphic correlation; lithological and paleogeographic reconstructions; hydrocarbon potential; borehole design.*

To cite this article:

Chaklikov AY, Korobkin VV, Ismailov AA, Buslov MM, Tulemissova ZS. Specifics of the Geological Structure of the Alakol Basin and the Choice of Drilling Well Design. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2024;6(1):18–34. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108695>.

ӨОЖ 551.7, 622.24

ҒТАХР 38.53.23, 52.47.15

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108695>

Қабылданды: 06.12.2023.

Мақұлданды: 23.02.2024.

Жарияланды: 31.03.2024.

Ғылыми шолу

Алакөл алабының геологиялық құрылымының ерекшелігі және бұрғыру ұңғымаларының құрылымын таңдау

А.Е. Чакликов¹, В.В. Коробкин¹, А.А. Исмаилов¹, М.М. Буслов², Ж.С. Түлемісова¹

¹Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

²Геология-минералогия институты. В.С. Соболев РҒА СБ, Новосібір ұлттық зерттеу мемлекеттік университеті, Новосібір қаласы, Ресей

АННОТАЦИЯ

Геологиялық-геофизикалық деректер негізінде Алакөл алабының іргетасы мен жамылғысының литологиялық және стратиграфиялық кесіндісі құрастырылып, литологиялық және палеогеографиялық қондырғылар толық сипатталған. Мұнай көздерінің кешендері, қабаттар мен тығыздағыштар анықталған. Тектоникалық аудандастыру схемасы негізделді, бұзылулардың құрылымдық сипаттамалары және учаскенің литологиялық-беттік ерекшеліктері келтірілген. Күрделі көп сатылы тектоникалық эволюция белгіленді. Потенциалды перспективалы стратиграфиялық мұнай-газ кешендері анықталды – юра (мезозой) және жоғарғы девон (фамен) – төменгі карбон-пермь (палеозой). Аймақтың терең құрылымы геологиялық-геофизикалық кесіндімен суреттелген. Алакөл алабының көмірсутектік әлеуетінің стратиграфиялық диапазонының корреляциясы жүргізілді. Көмірсутек шикізатын іздеудің ықтималды болжамы негізделген. Осы геологиялық және геофизикалық негізде ұңғыманың жобасы әзірленіп, оның қақпақ пен іргетас жыныстарын ашуға арналған орны белгіленді.

Негізгі сөздер: Алакөл алабы, құрылымдық-тектоникалық талдау, литологиялық-стратиграфиялық кесінді, стратиграфиялық корреляция, литологиялық және палеогеографиялық қайта құрулар, көмірсутек потенциалы, бұрғылау ұңғымасының құрылымы.

Дәйексөз келтіру үшін:

Чакликов А.Е., Коробкин В.В., Исмаилов А.А., Буслов М.М., Түлемісова Ж.С. Алакөл алабының геологиялық құрылымының ерекшелігі және бұрғыру ұңғымаларының құрылымын таңдау // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2024. 6 том, №1, 18–34 б.

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108695>.

Введение

Алакольский бассейн (далее – АБ) расположен на юго-востоке казахстанского сегмента герцинской Джунгаро-Балхашской складчатой системы [1–5]. По периферии АБ ограничен Главными Джунгарским (далее – ГДР) и Чингизским (далее – ГЧР) региональными разломами (рис. 1,2). АБ является северо-западным окончанием Джунгарского нефтегазоносного бассейна Китая [3, 6–8]. АБ со всех сторон ограничен горными хребтами, сложенными преимущественно палеозойскими (от кембрийских до пермских), офиолитовыми, островодужными и аккреционными комплексами пород. Главными тектоническими элементами герцинской Джунгаро-Балхашской складчатой системы являются тектонические блоки, ограниченные разломами. Они состоят из фрагментов протерозойской континентальной коры и неопротерозойско-палеозойских субдукционно-аккреционных комплексов, зачастую перекрытых мезозойскими осадочными образованиями (рис. 1–3) [3–24].

Целями исследования являются обоснование и выбор конструкции буровой скважины в АБ. Для достижения цели проведена корреляция стратиграфического диапозона углеводородного потенциала АБ и Джунгарского бассейна Китая. Перспективность на нефть и газ АБ в зонах погружения фундамента обусловлена рядом факторов:

- увеличенная толщина отложений карбона, перми, триаса, нижней юры, обогащённых органическим веществом, в разрезе которых имеются горизонты угля;
- погружение кровли фундамента имеет ступенчатый характер и контролируется динамикой ГДР и ГЧР;
- прогнозируемые ловушки различного типа будут концентрировать углеводороды (далее – УВ) на путях региональной миграции.

Литолого-стратиграфические особенности разреза и прогнозная нефтегазоносность

Литолого-стратиграфические обстановки АБ представлены последовательностью в соответствии с рис. 3–5.

В позднем ордовике северо-восточный сегмент Джунгаро-Балхашского морского бассейна представлен шельфовыми переходящими, склоновыми и глубоководными накоплениями толщиной более 1500 м. Силурийские отложения также представлены морскими шельфовыми и склоновыми накоплениями толщиной более 1400 м [24–26].

В раннем девоне по северной периферии формируются вулканические горы с образованием контрастной по составу вулка-



Рисунок 1. Позиция Алакольского осадочного бассейна на территории Казахстана
Figure 1. Position of the Alakol sedimentary basin on the territory of Kazakhstan

нической серией [24, 27, 28]. В центральной части – глубоководные накопления морского бассейна окраинно-континентального типа, мощностью 2500 м. В среднем девоне на севере АБ проходит фронтальная вулканическая зона, контрастные терригенно-вулканогенные накопления – 2000 м. В позднем девоне формируются глубоководные глинисто-кремнистые накопления морского бассейна Тас-тауской зоны 1800 м [26, 29].

Выше по разрезу залегают конгломераты, песчаники, алевролиты мощностью до 750 м, относящиеся к нерасчленённым отложениям лопинского и гваделупского отделов. Палинологические комплексы, находящиеся в нижней и верхней частях разреза, указывают именно на этот возрастной диапазон. Выше по разрезу залегают майласаринская свита с размывом, перекрывающая вышележащие отложения и сложенная внизу конгломератами, песчаниками, алевролитами, вверху – туфами и лавами щелочных риолитов толщиной до 550 м. Находки флоры указывают как на позднепермский (гваделупский отдел), так и раннетриасовый возраст отложений, палеокомплекс из алевролитов нижней толщи характерен для раннего триаса без элементов пермских микрофитофоссилий [24, 30].

Мезозойский комплекс представлен континентальными терригенными маломощными отложениями триаса и угленосной юрой (рис. 5). Верхнеюрские и нижнемеловые отложения не установлены. Расчленение триасовых и юрских отложений региона на свиты проведено по фациальному признаку, корреляции местных стратиграфических подразделений проведены по палеонтологическим остаткам [30]. На площади АБ выделена каутская свита, сложенная

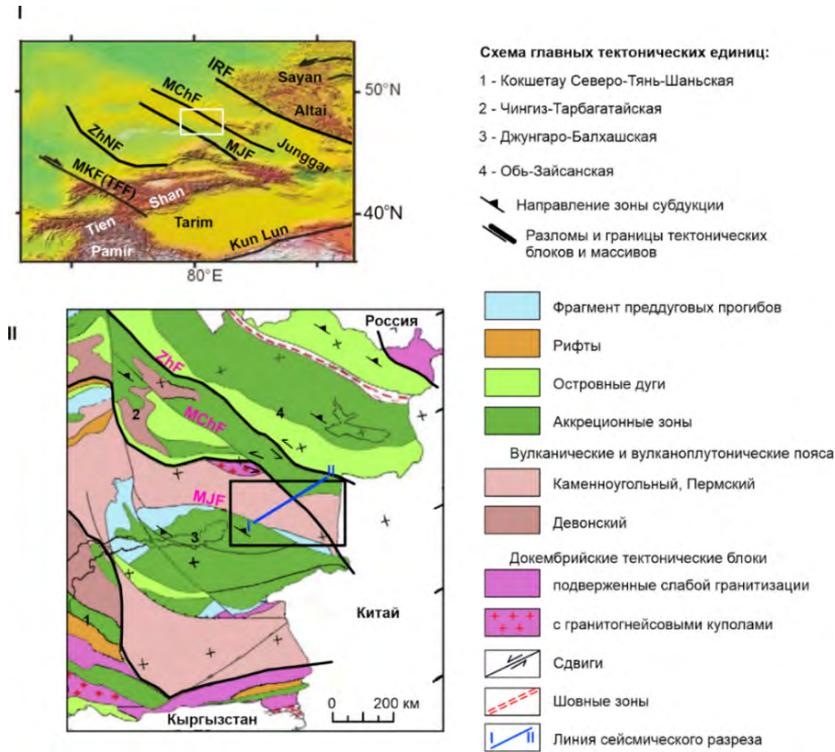


Рисунок 2. Схемы главных тектонических единиц
Figure 2. Diagrams of the main tectonic units

I. Обзорная схема западного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Главные разломы: MKF – Главный Каратауский и TFF– Таласо-Ферганский; ZhNF – Джалаир-Найманский; MJF – Главный Джунгарский; MChF – Главный Чингизский; IRF – Иртышский. Прямоугольником показаны контуры Алакольского бассейна и прилегающих территорий; II. Тектоническая схема восточной части казахстанских палеозойд с указанием положения главных тектонических единиц. Складчатые системы: каледонские (казахстанский составной континент): 1 – Кокшетау-Северо-Тянь-Шаньская, 2 – Чингиз-Тарбагатайская; герцинские: 3 – Джунгаро-Балхашская, 4 – Обь-Зайсанская

I. Review diagram of the western segment of the Central Asian fold belt. Main faults: MKF – Main Karatau and TFF – Talas-Fergana; ZhNF – Jalair-Naimansky; MJF – Main Dzungarian; MChF – Main Chingiz; IRF – Irtysh. The rectangle shows the contours of the Alakol basin and adjacent territories; II. Tectonic diagram of the eastern part of the Kazakhstan paleozooids indicating the position of the main tectonic units. Fold systems: Caledonian (Kazakh composite continent): 1 – Kokshetau-North Tien Shan, 2 – Chingiz-Tarbagatai; Hercynian: 3 – Dzungaro-Balkhash, 4 – Ob-Zaisan

песчаниками и алевролитами. Из пород выделен спорово-пыльцевой комплекс, отвечающий рэтскому ярису верхнего триаса. Ранее она датировалась нижней юрой. В отложениях триаса и нижней юры установленные при разведке и эксплуатации нефтяных месторождений Китая [29] проявления УВ в Северной Жонгарии отмечались многими исследователями [28, 29]. Эти нефтегазонасыщенные породы хорошо коррелируются с одновозрастными породами разведанного Алакольского угольного месторождения. В раннем и среднем триасе возник рельеф денудационной равнины с фрагментированной корой выветривания. Позднетриасовые отложения сложены песчаниками, алевролитами, аргиллитами мощностью до 60 м [29, 31].

Раннеюрские породы выявлены в Чингизской зоне. Первый этап осадконакопления охватил здесь геттангское, синемюрское и плинсбахское время. Осадконакопление в регионе в юрское время происходило в пределах депрессий, имеющих разные размеры и испытывавших различные амплитуды и интенсивности прогибания, что обусловило различие в литологическом составе, мощностях и полноте разрезов. На площадях Алакольского бассейна юрские породы включены в состав узунбулакской свиты. Она разделена на две подсвиты, из которых нижняя (геттангский – синемюрский века) также более грубозернистая и представлена конгломератами, гравелитами и песчаниками. Возраст её определен по отпечаткам флоры

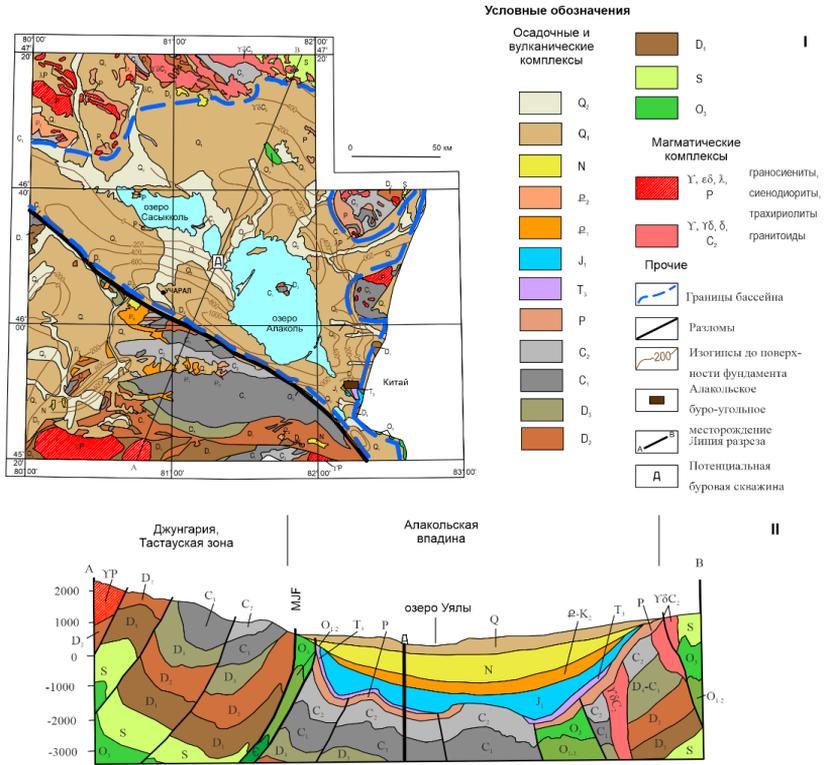


Рисунок 3. Геологическое строение Алакольского бассейна
Figure 3. Geological structure of the Alakol basin

I. Схема геологического строения Алакольского бассейна с использованием данных [4, 5];
 II. Геологический разрез по линии А-В. Показано положение проектируемой буровой скважины
 I. Scheme of the geological structure of the Alakol basin using data from [4, 5]; II. Geological section along A-B line. The position of the designed borehole is shown

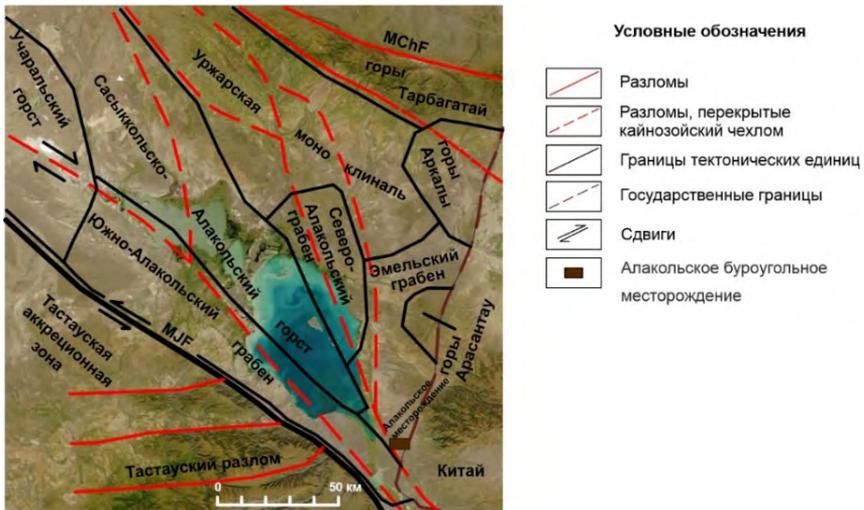


Рисунок 4. Структурная схема Алакольского бассейна
Figure 4. Structural diagram of the Alakol basin

Региональные разломы: MJF – Главный Джунгарский, MChF – Главный Чингизский
 Regional faults: MJF – Main Dzungarian, MChF – Main Chingiz

и спорово-пыльцевым комплексам. Верхняя (плинсбахский век) сложена алевролитами, аргиллитами с прослоями конгломератов и песчаников. Датирована она по найденным раковинам филлопод и флористическим остаткам. В первых трёх депрессиях (Кыльской, Ертыйской, Шинрауской) осадки верхней подсвиты отсутствуют [24]. Второй этап осадконакопления проявился во всех зонах, охватил период с тоарского нижней до байосского века средней юры. На территории Северного склона Восточно-Казахстанского сводового поднятия этому стратиграфическому уровню отвечает койтасская свита, которая по литологическому составу разделена на две пачки. В период с батского века средней юры по титонский век в большинстве депрессий осадконакопления не было.

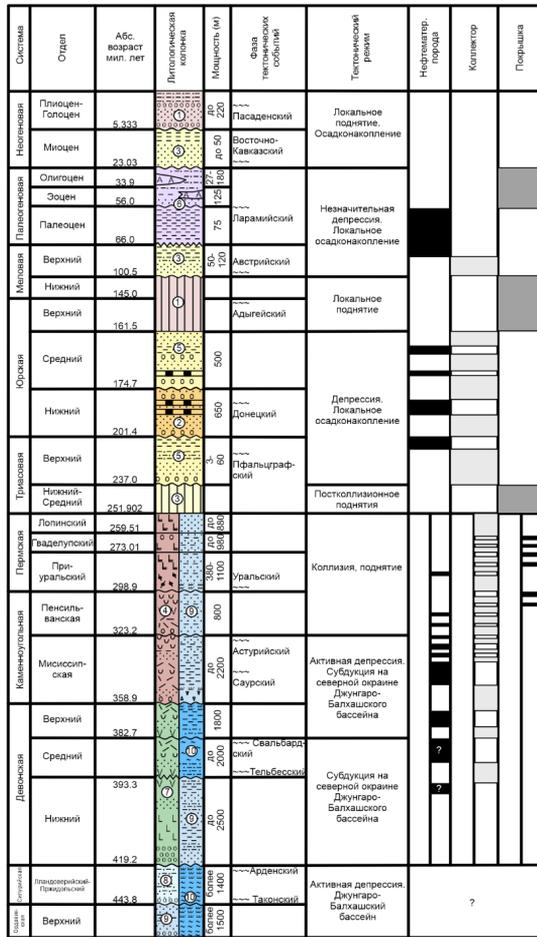
Нижнемеловые отложения не установлены, верхнемеловые формировались в условиях низменной равнины и представлены озерно-аллювиальными, обломочными накоплениями, мощностью до 120 м. В Алакольской впадине отложения мела представлены осадками сасыккольской свиты, которая по остракодам датирована верхним мелом. В Восточно-Прибалхашской впадине скважинами вскрыты фиолетовые глины, аналогичные глинам сасыккольской свиты [24].

Палеогеновые отложения представлены соленосными озерными накоплениями и сложены глинами, алевролитами, песками толщиной до 400 м. Алакольская впадина приурочена к мезозойскому прогибу, унаследованно развивавшемуся в палеогене [24, 31]. В палеоцене выделяются два седиментационных ритма (27 и 24 м) озерно-аллювиальных грубозернистых кварцевых и полимиктовых песков с гравелитами и галечниками русловых фаций, перекрытых в нижнем палеоцене серыми пятнистыми глинами (8 м). Выше лежат монтмориллонитовые глины тункурузской свиты нижнего эоцена. Общая мощность свиты 100 м. Выше развиты озерные глины коллаковской свиты мощностью до 88 м. Алевролиты с прослоями полимиктовых песков в отложениях обеих свит свидетельствуют о близости береговой линии. Разрез верхнего эоцена заканчивается куркульдекской свитой монтмориллонитовых глин. Последние, видимо, являются перетолженными корами выветривания Актогайского медно-порфирового месторождения. Выше залегают гипсоносные глины кыскашской свиты (50 м). Возраст отложений определён по спорам и пыльце. Перекрыты они нерасчленёнными глинами олигоцен-миоцена [24].

В миоцене преобладают озерно-аллювиальные глинистые накопления до 50 м, в плиоцен-голоцене – обломочные накопления

(супеси, суглинки, гравийно-галечные) толщиной до 220 м [5, 24].

По имеющимся данным, структурные единицы АБ, имеющие глубокое залегание кровли фундамента, нуждаются в изучении бурением [31–33]. В связи с этим предполагается относительно значительная толщина осадочного заполнения в пределах их опущенных блоков верхнедевонских – нижнекаменноугольных и пермских (потенциальные коллекторы), триасовых, юрских и частично меловых отложений [5]. Состав юрских отложений изучен в южном обрамлении АБ, где они обладают промышленной угленосностью в Алакольском месторождении [29] и в целом обогащены рассеянными и концентрированными формами органического вещества. Юрские отложения, развитые в осевых зонах АБ, рассматриваются нами в качестве нефтегазоматеринских. В бортовых частях АБ глубины их залегания не превышают большей частью 1,5–2 км. В связи с чем юрские отложения не могли достичь уровня зрелости активной генерации УВ (зоны «нефтяного окна»). Величина генерационного потенциала при этом не могла быть значительной, поскольку доля органических остатков представлена остатками флоры [24]. В осевых частях глубины залегания юрских угленосных отложений достигает 3 км и более, где они способны генерировать УВ. Собственно угленосная нижнеюрская толща на месторождении Алаколь имеет толщину 120 м и состоит из восьми пластов угля, четыре из которых имеют рабочую мощность и промышленное значение. Все пласты характеризуются изменчивой мощностью и сложным непостоянным строением. Средняя толщина пластов меняется от 1,0 до 5,7 м. Угли по составу гумусовые, переходящие от бурых к каменным, низкозольные (в среднем по пластам 6–10%), относятся к группе малосернистых и малофосфористых. Теплота сгорания горючей массы составляет в среднем 7,3–7,4 тыс. ккал/кг. При полукоксовании угли дают высокий выход первичной смолы (9,3–10,5% в пересчёте на сухое топливо) и до 72% низкозольного полукокка. При разгонке смолы отмечается большой выход керосиново-дизельной фракции (49,6%). Выход битумов низкий (2,6–2,8%), гуминовых кислот 1,8%. Общие разведанные запасы месторождения составляют 47 млн т, из них пригодные для добычи открытым способом – около 8 млн т. В целом угли месторождения представляют низкозольное высококалорийное энергетическое топливо, пригодное также для технологических целей. Необходимо учесть и наличие в углях некоторых ценных элементов – примесей. По предварительной оценке, в них содержится порядка 80 т германия,



Условные обозначения

Палеогеографические обстановки

- 1 Возвышенность
- 2 Предгорные и межгорные впадины, конуса выносов осадков
- 3 Равнины низменные озерно-аллювиальные
- 4 Континентально-вулканические горы
- 5 Пресноводные озера
- 6 Озера с повышенной соленостью
- 7 Контрастный рельеф зрелых островных дуг
- 8 Шельф внешний
- 9 Глубоководные океанические впадины
- 10 Континентальный склон, подножие

Осадочные комплексы

- Осадочные брекчии
- Конгломераты
- Песчаники полимиктовые
- Алевриты
- Аргиллиты (глины)
- Алевриты и аргиллиты углеродистые (черные сланцы, угли)
- Фтаниты, кремни
- Известняки
- Гипсы и ангидриты, соли
- Турбидиты и флиш терригенный

Магматические комплексы и породы

- Риолиты
 - Трахириолиты и трахиты
 - Андезиты, андезитабазальты
 - Базальты
 - Щелочные базальты
 - Туфы, туфоалевриты, туфопесчаники
- Взаимоотношение стратиграфических комплексов
- Согласное
 - Несогласное
 - Перерывы в осадконакоплении

Рисунок 5. Литолого-стратиграфический разрез Алакольского бассейна с детализацией литолого-палеогеографических обстановок
Figure 5. Lithological-stratigraphic section of the Alakol basin with detailing of lithological-paleogeographical settings

Показаны нефтематеринские отложения, коллекторы и покрышки. / Oil source deposits, reservoirs and seals are shown

180 т скандия и других редкоземельных примесей [29, 33, 34].

Конструктивные особенности буровой скважины

Целью бурения являются поиски и оценка залежей углеводородного сырья. Исходя из особенностей геологического строения АБ планируется определённый технологический регламент строительства скважин. Предлагаемый рабочий проект на строительство вертикальной разведочной скважины составляет 4200 м проектной глубины.

Выбор конструкции скважины – основной этап её проектирования – должен обеспечить высокое качество строительства скважины как долговременного эксплуатируемого объекта, предотвращение аварий и осложнений в процессе бурения и создание условий для снижения затрат времени и материально-технических средств на бурение [36–38].

Выбор конструкции скважины зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются:

- назначение скважины;
- глубина скважины;
- особенности геологического строения месторождения и степень его изученности;
- геолого-физическая характеристика пород: устойчивость, величины пластовых давлений (коэффициенты аномальности пластовых давлений) и давлений поглощения (индексы давлений поглощений);
- состав пластовых жидкостей (капельная жидкость, газ, газожидкостная смесь);
- профиль скважины;
- способ бурения и уровень развития технологии бурения в данном районе;
- метод вскрытия перспективного продуктивного пласта;
- экономические факторы.

Конструкция скважины должна обеспечивать:

- доведение до проектной глубины;
- предотвращение аварий и осложнений в процессе бурения;
- осуществление заданных параметров, способов вскрытия и методов эксплуатации продуктивных горизонтов;
- минимальные затраты на строительство скважины как законченного объекта в целом.

Количество обсадных колонн, необходимых для обеспечения перечисленных требований, проектируется исходя из несоместимых условий бурения отдельных интервалов скважины.

Под несоместимостью условий бурения понимают такое их сочетание, когда за-

данные параметры технологических процессов бурения нижележащего интервала скважины вызовут осложнения в пробуренном вышележащем интервале, если последний не закреплён обсадной колонной, а проведение дополнительных технологических мероприятий по предотвращению этих осложнений невозможно или экономически нецелесообразно.

Для проектирования конструкции скважины рекомендуется использование метода построения совмещённого графика изменения коэффициента аномальности пластовых давлений (K_a), индекса давления поглощения (K_n) и относительной плотности промывочной жидкости (ρ_o) в зависимости от глубины (z).

Под коэффициентом аномальности понимают отношение пластового давления к гидростатическому давлению столба жидкости (пресной воды) высотой от устья скважины до рассматриваемой точки пласта (1):

$$K_a = P_{пл}/P_{ГСТ} = P_{пл}/\rho_B g z \quad (1)$$

где $P_{пл}$ – пластовое давление на глубине от устья скважины, Па; $P_{ГСТ}$ – условное гидростатическое давление, Па; ρ_B – плотность пресной воды, $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$; g – ускорение земного притяжения $9,81 \text{ м/с}^2$, в дальнейших расчётах можно принимать 10 м/с^2 ; z – глубина подошвы пласта, м.

Под индексом давления понимают отношение давления, при котором возникает поглощение промывочной жидкости в пласт, к гидравлическому давлению столба пресной воды высотой от устья скважины до рассматриваемой точки поглощающего пласта (2):

$$K_n = P_n/P_{ГСТ} = P_n/\rho_o g z \quad (2)$$

где P_n – давление поглощения промывочной жидкости в пласт на глубине, Па.

Если отсутствуют значения давления поглощения, то его можно определить по эмпирическим формулам (3–4):

$$P_n = (0,75 \div 0,95)P_{ГП} \quad (3)$$

$$P_{ГП} = 0,0083z + 0,66P_{пл} \quad (4)$$

где $P_{ГП}$ – давление гидроразрыва пород на глубине, Па.

Под относительной плотностью бурового раствора (ρ_o) понимают отношение плотности промывочной жидкости ($\rho_{п.ж.}$) к плотности пресной воды (ρ_B) (5):

$$\rho_o = \rho_{п.ж.} / \rho_v \tag{5}$$

Подставляя значения $P_{пл.}$, P_n , $P_{ГР}$ через K_a , K_n и ρ_o в неравенство (соблюдаемое во избежание газонефтепроявлений и поглощений в процессе бурения) $P_{пл.} < P_{ГР} < P_n$, после преобразования получим неравенство безразмерных величин (6):

$$K_a < \rho_o < K_n \tag{6}$$

Минимально необходимую величину ρ_o для предотвращения притока пластовых жидкостей и газов определяем по формуле (7):

$$\rho_o = K_p * K_a \tag{7}$$

где K_p – коэффициент резерва, изменяющийся в зависимости от глубины скважины.

Согласно вышеперечисленным формулам был произведен расчёт изменения гидростатического, прогнозного пластового давлений, давлений поглощения промывочной жидкости в пласт и гидроразрыва пород на определённых глубинах. Результаты представлены в табл. 1. При определении пластовых давлений необходимо учесть изменение температуры по разрезу, которое влияет на изменение давлений в определённых замкнутых интервалах в зависимости от условия залегания горных пород. Расчёт изменения температур рассчитывался по формуле (8):

$$t_z = t_{nc} + \left(\frac{z - z_{nc}}{100} \right) * 3 \tag{8}$$

где t_z – температура на определенной глубине, °C; t_{nc} – температура в нейтральном слое, °C (была взята 18°C), z – глубина залегания, м; z_{nc} – глубина нейтрального слоя, м (было взято значение 40 м).

По совмещённому графику (рис. 6, 7) выделяются зоны несовместимых условий бурения, которые должны быть перекрыты обсадной колонной (табл. 2). Затем количество обсадных колонн и глубины их спуска уточняются исходя из ожидаемых осложнений, опыта бурения и технико-технологических возможностей (рис. 8, 9).

Обсуждение

АБ, образованный вследствие опускания в позднем палеозое – мезозое (рис. 3–5) блока земной коры по крупноамплитудным сбросо-сдвигам Главного Джунгарского и Чингизского разломов, характеризуется слабой

вертикальной кинетикой с неглубоким залеганием фундамента. Наиболее глубокие Южно- и Северо-Алакольские прогибы заполнены верхнепалеозойскими терригенными отложениями (рис. 3, 5).

Глубокое бурение в центральных частях АБ и геохимические исследования с целью прогноза нефтегазоносности не производились. Верхнедевонско-нижнекаменноугольные пермские породы АБ залегают на глубине от 2,5 км (кровля горизонта) до 4 км и глубже (до 4,2 км подошва). Соответственно, они могли достичь уровня зрелости активной генерации У (зоны «газового окна») и являются потенциально перспективными. Палеозойские водоносные отложения содержат преимущественно пресные инфильтрационные воды с минерализацией 1–2 мг/л. Такого же уровня минерализация характерна для юрских, меловых и палеогеновых отложений, однако с увеличением глубины залегания минерализация возрастает до 20 г/л [5, 31–35]. Все эти особенности были учтены при проектировании конструкции буровой скважины.

Заключение

1. Изучение позднепалеозойской – мезозойской тектонической эволюции АБ [35] свидетельствует, что породы коллекторов верхнего девона, карбона, перми, юры и палеогена могли аккумулировать УВ. Вероятно, углеводородный потенциал АБ является следствием вторичной миграции УВ из подстилающих терригенных отложений.

2. Возможные перспективы АБ на углеводородное сырье в зонах погружения фундамента связаны с:

- увеличением мощностей отложений карбона, перми, триаса, нижней юры, обогащенных органическим веществом;

- погружением кровли фундамента АБ, имеющей ступенчатый характер поверхности и контролируемой динамикой ГДР и ГЧР и сопряжённых с ними оперяющих разломов на коллизионном и постколлизионном этапах, что в свою очередь приводит к формированию стратиграфических, литологических и структурно-экранированных ловушек.

3. Учитывая особенности глубинного строения и специфику литолого-стратиграфического разреза АБ, предлагается конструкция проектной скважины. Для этого были произведены расчёты прогнозных пластовых давлений, давлений поглощения промывочной жидкости, гидроразрыва, градиента температуры и изменений давлений с глубиной, коэффициента аномальности, индекса давления, относительной плотности бурового раствора и плотности промывочной жидкости.

Таблица 1. Результаты расчёта прогнозных давлений и температуры с глубиной бурения
Table 1. Results of calculating predicted pressures and temperatures with drilling depth

z, м	$P_{гст}$, МПа	$P_{пл. прож.}^?$, МПа	$P_{п'}$, МПа	$P_{гр'}$, МПа	t_z , Co	K_a	ρ_o	K_n	$\rho_{п.ж.}^?$, кг/м ³
10	0,1	0,101	0,142	0,149	18	1,01	1,111–1,161	1,421	1111–1161
20	0,2	0,204	0,285	0,300	18	1,02	1,122–1,173	1,428	1122–1173
30	0,3	0,306	0,428	0,450	18	1,02	1,122–1,173	1,428	1122–1173
40	0,4	0,408	0,571	0,601	18	1,02	1,122–1,173	1,428	1122–1173
50	0,5	0,51	0,714	0,751	18,3	1,02	1,122–1,173	1,428	1122–1173
60	0,6	0,618	0,860	0,905	18,6	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
70	0,7	0,721	1,004	1,056	18,9	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
80	0,8	0,824	1,147	1,207	19,2	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
90	0,9	0,927	1,290	1,358	19,5	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
100	1	1,03	1,434	1,509	19,8	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
200	2	2,06	2,868	3,019	22,8	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
300	3	3,09	4,302	4,529	25,8	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
400	4	4,12	5,737	6,039	28,8	1,03	1,133–1,845	1,434	1133–1845
500	5	5,2	7,202	7,582	31,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
600	6	6,24	8,643	9,098	34,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
700	7	7,28	10,084	10,614	37,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
800	8	8,32	11,524	12,131	40,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
900	9	9,36	12,965	13,647	43,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
1000	10	10,4	14,405	15,164	46,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
1100	11	11,44	15,846	16,680	49,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
1200	12	12,48	17,286	18,196	52,8	1,04	1,144–1,196	1,440	1144–1196
1300	13	13,52	18,727	19,713	55,8	1,04	1,092–1,144	1,440	1092–1144
1400	14	14,56	20,168	21,229	58,8	1,04	1,092–1,144	1,440	1092–1144
1500	15	15,6	21,608	22,746	61,8	1,04	1,092–1,144	1,440	1092–1144
1600	16	16,64	23,049	24,262	64,8	1,04	1,092–1,144	1,440	1092–1144
1700	17	17,68	24,489	25,778	67,8	1,04	1,092–1,144	1,440	1092–1144
1800	18	18,9	26,043	27,414	70,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
1900	19	19,95	27,490	28,937	73,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2000	20	21	28,937	30,46	76,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2100	21	22,05	30,383	31,983	79,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2200	22	23,1	31,830	33,506	82,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2300	23	24,15	33,277	35,029	85,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2400	24	25,2	34,724	36,552	88,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2500	25	26,25	36,171	38,075	91,8	1,05	1,102–1,155	1,446	1102–1155
2600	26	27,3	37,618	39,598	94,8	1,05	1,092–1,123	1,446	1092–1123
2700	27	28,35	39,064	41,121	97,8	1,05	1,092–1,123	1,446	1092–1123
2800	28	29,4	40,511	42,644	100,8	1,05	1,092–1,123	1,446	1092–1123
2900	29	30,74	42,140	44,358	103,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3000	30	31,8	43,593	45,888	106,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3100	31	32,86	45,046	47,417	109,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3200	32	33,92	46,499	48,947	112,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3300	33	34,98	47,952	50,476	115,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3400	34	36,04	49,406	52,006	118,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3500	35	37,1	50,859	53,536	121,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3600	36	38,16	52,312	55,065	124,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3700	37	39,22	53,765	56,595	127,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3800	38	40,28	55,218	58,124	130,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
3900	39	41,34	56,671	59,654	133,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
4000	40	42,4	58,124	61,184	136,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
4100	41	43,46	59,577	62,713	139,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134
4200	42	44,52	61,031	64,243	142,8	1,06	1,102–1,134	1,453	1102–1134

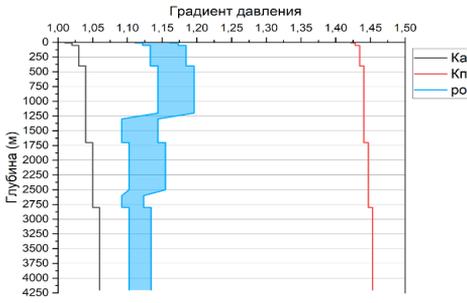


Рисунок 6. Изменение градиента давлений с глубиной бурения

Figure 6. Change in pressure gradient with drilling depth

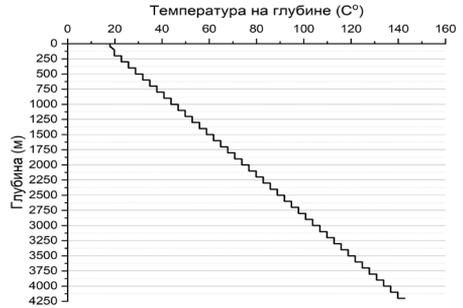


Рисунок 7. Изменение температуры с глубиной бурения

Figure 7. Temperature change with drilling depth

Таблица 2. Общие сведения о конструкции скважины
Table 2. General information about well design

№ п/п	Наименование колонны Name of column	Диаметр, мм Diameter, mm		Глубина спуска колонны, м Casing setting depth, m	Высота подъема цемента за колонной Cement lifting height behind the column
		скважины (долота) well (bit)	обсадной колонны casing column		
1	Направление Direction	660,4	508,0	50	до устья until mouth of the well
2	Кондуктор Conductor	490	406,4	450	до устья until mouth of the well
3	Первая промежуточная Surface casing	444,5	339,7	1700	до устья until mouth of the well
4	Вторая промежуточная Intermediate casing	295,3	244,5	2800	до устья until mouth of the well
5	Эксплуатационная Production casing	212,7	168,3	4200	до устья until mouth of the well

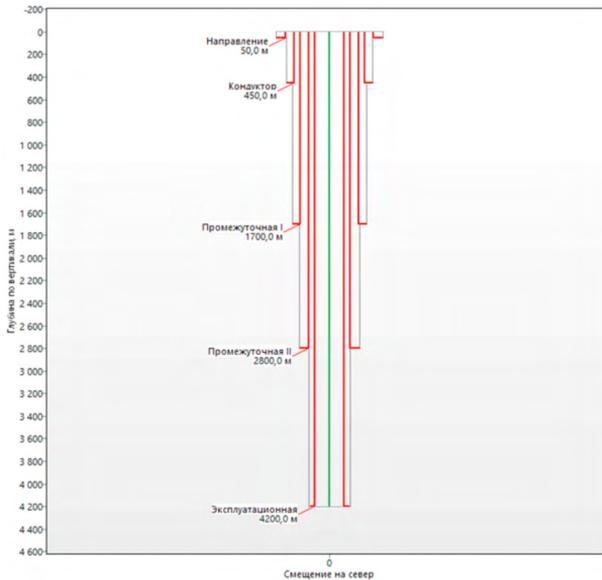


Рисунок 8. Рекомендуемая конструкция скважины для Алакольского осадочного бассейна, спроектированная в программном обеспечении «Бурсофтпроект»

Figure 8. Recommended well design for the Alakol sedimentary basin, designed in the Bursoftproject software

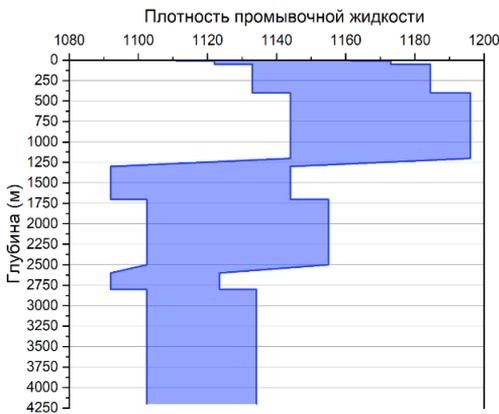


Рисунок 9. Прогнозная плотность промывочной жидкости для бурения скважины Алакольского осадочного бассейна
Figure 9. Predicted density of the drilling fluid for drilling a well in the Alakol sedimentary basin

4. Выявленные особенности регионального, локального строения, литолого-палеогеографических условий, литолого-фациального и вещественного состава пород АБ позволяют в определённой мере оптимистически оценивать перспективы его углеводородного потенциала. Прогнозируемые зоны с ловушками приурочены к опущенным частям грабенов. Все эти особенности по возможности должно подтвердить проектируемое бурение.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспалов В.Ф.* Геологическое строение Казахской ССР. Алма-Ата : Наука, 1971. 357 с.
2. *Кошкин В.Я.* Тектоническое положение Балхаш-Илийского герцинского вулканического пояса. Тектоника Урало-Монгольского складчатого пояса. Москва : Наука, 1974.
3. *Zonenshain L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M.* Geology of the USSR: a plate-tectonic synthesis. Geodynamic Series, 21. Washington : American Geophysical Union, 1990. 242 p.
4. *Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И., и др.* Геологическое строение Казахстана. Алматы : Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000. 396 с.
5. *Ақчулаков У., Жолтаев Г., Исказиев К.О., и др.* Атлас нефтегазоносных и перспективных осадочных бассейнов Республики Казахстан. Алматы, 2015. 97 с.
6. *Wang H.Z.* Atlas of the Paleogeography of China [in Chinese with English summary]. Beijing : Cartographic Publishing House, 1985.
7. *Dobretsov N.L.* Evolution of structures of the Urals, Kazakhstan, Tien Shan, and Altai-Sayan region within the Ural-Mongolian fold belt (Paleoasian ocean) // Russian Geology and Geophysics. 2003. Vol. 44, N 1. P. 5–27.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Чакликов А.Е. – написание статьи, подготовка графических приложений, скважинный расчет и его проверка, сбор материалов, Коробкин В.В. – написание и редактирование статьи, составление графических приложений, сбор материалов, Исмаилов А.А. – написание и редактирование главы конструкции скважины, проверка скважинного расчета, сбор материалов, Буслов М.М., Тулемисова Ж.С. – написание и редактирование геологического раздела, редактирование графических приложений.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The author declares that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The largest contribution is distributed as follows: Akhan Ye. Chaklikov – writing an article, preparing graphical applications, well calculation and testing, collecting materials; Valeriy V. Korobkin – writing and editing the article, drawing up graphic applications, collecting materials; Abdulkhat A. Ismailov – writing and editing the chapter on well design, checking well calculations, collecting materials; Mikhail M. Buslov, Zhamal S. Tulemissova – writing and editing section on geology, editing graphic applications.

8. *Xiao W.J., Windley B.F., Huang B.C., et al.* End-Permian to mid-Triassic termination of the accretionary processes of the southern Altai: implications for the geodynamic evolution, Phanerozoic continental growth, and metallogeny of Central Asia // *International Journal of Earth Sciences*. 2009. Vol. 98, N 6. P. 1189–1217. doi:10.1007/s00531-008-0407-z.
9. *Моссаковский А.А., Руженцев С.В., Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н.* Центральнo-Азиатской складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // *Геотектоника*. 1993. № 6. С. 3–31.
10. *Sengör A.M.C., Natal'in B.A., Burtman V.S.* Evolution of the Altai tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia // *Nature*. 1993. Vol. 364, N 6435. P. 299–307.
11. *Didenko A.N., Mossakovskii A.A., Pecherskii D.M., et al.* Geodynamics of the Central Asian Paleozoic oceans // *Russian Geology and Geophysics*. 1994. Vol. 35, N 7. P. 59–75.
12. *Федоренко О.А., Милетенко Н.В.* Атлас литолого-палеогеографических, структурных, палинспастических и геоэкологических карт Центральной Евразии. Алматы : ЮГГЕО, 2002.
13. *Windley B.F., Kröner A., Guo J., et al.* Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai Orogen, NW China: New zircon age data and tectonic evolution // *Journal of Geology*. 2002. Vol. 110, N 6. P. 719–737. doi:10.1086/342866.
14. *Dobretsov N.L., Buslov M.M.* Late Cambrian–Ordovician tectonics and geodynamics of Central Asia // *Russian Geology and Geophysics*. 2007. Vol. 48, N 1. P. 71–82. doi:10.1016/j.rgg.2006.12.006.
15. *Windley B.F., Alexeev D., Xiao W.J., et al.* Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt // *Journal of Geological Society*. 2007. Vol. 164, N 1. P. 31–47. doi:10.1144/0016-76492006-022.
16. *Рязанцев А.В., Деятарев К.Е., Котов А.Б., и др.* Офиолиты и островодужные комплексы Жалаир-Найманской зоны и Чу-Кендыктасского массива (Южный Казахстан): положение в Структура, обоснование возраста и обстановки формирования // *Доклады наук о Земле*. 2009. Том 427, № 2. С. 902–906.
17. *Bian W., Hornung J., Liu Z., et al.* Sedimentary and palaeoenvironmental evolution of the Junggar Basin, Xinjiang, Northwest China // *Palaeobiology and Palaeoenvironment*. 2010. Vol. 90, N 3. P. 175–186. doi:10.1007/s12549-010-0038-9.
18. *Korobkin V.V., Buslov M.M.* Tectonics and geodynamics of the western Central Asian Fold Belt (Kazakhstan Paleozoides) // *Russian Geology and Geophysics*. 2011. Vol. 52, N 12. P. 1600–1618. doi:10.1016/j.rgg.2011.11.011.
19. *Xiao W.J., Windley B.F., Allen M.F., Han C.M.* Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage // *Gondwana Research*. 2013. Vol. 23. P. 1316–1341. doi:10.1016/j.gr.2012.01.012.
20. *Xiao W.J., Santosh M.* The western Central Asian Orogenic Belt: a window to accretionary orogenesis and continental growth // *Gondwana Research*. 2014. Vol. 25. P. 1429–1444. doi:10.1016/j.gr.2014.01.008.
21. *Buslov M.M., Cai K.* Tectonics and geodynamics of the Altai-Junggar orogen in the vendian-paleozoic: implications for the continental evolution and growth of the Central Asian fold belt // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. Vol. 8. P. 421–427.
22. *Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н.* Геологическое строение и этапы тектонической эволюции палеозойд Казахстана // *Литосфера*. 2019. Том 19, N 3. С. 347–371. doi:10.24930/1681-9004-2019-19-3-347-371.
23. *Brunet M., Sobel E.R., McCann T.* Geological evolution of Central Asian basins and the western Tien Shan range // *Geological Society of London*. 2020. Vol. 427. P. 1–17. doi:10.1144/SP427.17.
24. *Жолтаев Г.Ж., Никитина О.И., Жаймина В.Я., и др.* Модернизация стратиграфических схем фанерозоя Казахстана на основе Международной хроностратиграфической шкалы – 2016–2021. Алматы : Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева, 2021. 139 с.
25. *Жолтаев Г.Ж.* Геодинамические модели и нефтегазоносность палеозойских осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана: дис. ... геол.-мин. наук. Москва, 1992.
26. *Коробкин В.В.* Тектоническое районирование и структурные стили палеозойд Казахстана // *Известия Томского политехнического университета*. 2011. Том 319, № 1. С. 71–77.
27. *Тектоническая карта области палеозойских складчатостей Казахстана и сопредельных территорий. Масштаб 1:1500 000. / Под ред. Абдулина А.А., Зайцева Ю.А.* Москва, 1976.
28. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа : ГИЛЕМ, 2000. 146 с.
29. *Азизов Т.М., Власов В.И.* Бассейны и месторождения углей и горючих сланцев Казахстана. Алматы : Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов РК, 1997. 113 с.
30. *Воцалевский Э.С., Булекбаев З.Е., Искужиев Б.А., и др.* Справочник Месторождения нефти и газа Казахстана. Алматы : Казахстанский институт минерального сырья, 1999. 326 с.
31. *Ли А.Б.* Тектоника и перспективы нефтегазоносности Южного Казахстана. Алма-Ата : Наука КазССР, 1975. 220 с.

32. *Воцалевский Э.С., Даукеев С.Ж., Коломиец В.П., и др.* Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана // Нефть и газ. 2002. Том 3.
33. *Ақчулаков У.А., Жылқайдаров И.С., Жолтаев Г., и др.* Методическое руководство по количественной оценке прогнозных ресурсов углеводородного сырья Республики Казахстан. Алматы, 2002. 72 с.
34. *Жолтаев Г.Ж., Оздоев С.М.* Перспективы нефтегазоносности Алакольского осадочного бассейна // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2010. Том 3. С. 122–127.
35. *Коробкин В.В., Чакликов А.Е., Исмаилов А.А., Тулемисова Ж.С.* Позднепалеозойская – мезозойская тектоническая эволюция и перспективы поисков углеводородного сырья в Алакольском осадочном бассейне (Казахстан) // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Том 14, № 5. doi:10.5800/GT-2023-14-5-0717.
36. *Исмаилов А.А., Сакиев Д.Т.* Особенности строительства скважин в подсолевых месторождениях в условиях АВГД (на примере месторождения Кашаган). Материалы Четвертой Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии»; 23–24 февраля 2012; Алматы.
37. *Tikebayev T., Kabdulov S., Ismailov A.* Analysis of the existing methods for elimination of cement slurry losses while well cementing // Int. J. Chem. Sci. 2013. Vol. 11, N 1. P. 150–158.
38. *Ismailova J.A., Khussainova A.R., Zepa L.E., et al.* A new predictive thermodynamic model of paraffin Formation with the calculation of the mathematical Origin of the poynting correction factor // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2023. Vol. 3, N 459. P. 96–107. doi:10.32014/2023.2518-170X.302.

REFERENCES

1. *Bespalov VF. Geologicheskoye stroyeniye Kazakhskoy SSR.* Alma-Ata: Nauka; 1971. 357 p. (In Russ).
2. *Koshkin VY. Tektonicheskoye polozheniye Balkhash-Iliyskogo gertsinskogo vulkanicheskogo poyasa. Tektonika Uralo-Mongol'skogo skladchatogo poyasa.* Moscow: Nauka; 1974. (In Russ).
3. *Zonenshain LP, Kuzmin MI, Natapov LM.* Geology of the USSR: a plate-tectonic synthesis. *Geodynamic Series*, 21. Washington: American Geophysical Union; 1990. 242 p.
4. *Bekzhanov GR, Koshkin VY, Nikitchenko II, et al.* Geologicheskoye stroyeniye Kazakhstana. *Almaty: Akademiya mineral'nykh resursov Respubliki Kazakhstan*; 2000. 396 p. (In Russ).
5. *Akchulakov U, Zholtayev G, Iskazyev KO, et al.* Atlas neftegazonosnykh i perspektivnykh osadochnykh basseynov Respubliki Kazakhstan. *Almaty*; 2015. 97 p. (In Russ).
6. *Wang HZ.* Atlas of the Paleogeography of China [in Chinese with English summary]. Beijing: Cartographic Publishing House; 1985.
7. *Dobretsov NL.* Evolution of structures of the Urals, Kazakhstan, Tien Shan, and Altai-Sayan region within the Ural-Mongolian fold belt (Paleoasian ocean). *Russian Geology and Geophysics*. 2003;44(1):5–27.
8. *Xiao WJ, Windley BF, Huang BC, et al.* End-Permian to mid-Triassic termination of the accretionary processes of the southern Altaids: implications for the geodynamic evolution, Phanerozoic continental growth, and metallogeny of Central Asia. *International Journal of Earth Sciences*. 2009;98(6):1189–1217. doi:10.1007/s00531-008-0407-z.
9. *Mossakovskiy AA, Ruzhentsev SV, Samygin SG, Kheraskova TN.* Tsentral'no-Aziatskoy skladchaty poyas: geodinamicheskaya evolyutsiya i istoriya formirovaniya. *Geotektonika*. 1993;6:3–31. (In Russ).
10. *Sengör AMC, Natal'in BA, Burtman VS.* Evolution of the Altai tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*. 1993;364(6435):299–307.
11. *Didenko AN, Mossakovskii AA, Pecherskii DM, et al.* Geodynamics of the Centra Asian Paleozoic oceans. *Russian Geology and Geophysics*. 1994;35(7):59–75.
12. *Fedorenko OA, Miletenko NV.* Atlas litologo-paleogeograficheskikh, strukturnykh, palinspastichekikh i geoekologicheskikh kart Tsentral'noy Yevrazii. *Almaty: YUGGEO*; 2002. (In Russ).
13. *Windley BF, Kröner A, Guo J, et al.* Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai Orogen, NW China: New zircon age data and tectonic evolution. *Journal of Geology*. 2002;110(6):719–737. doi:10.1086/342866.
14. *Dobretsov NL, Buslov MM.* Late Cambrian–Ordovician tectonics and geodynamics of Central Asia. *Russian Geology and Geophysics*. 2007;48(1):71–82. doi:10.1016/j.rgg.2006.12.006.
15. *Windley BF, Alexeiev D, Xiao WJ, et al.* Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of Geological Society*. 2007;164(1):31–47. doi:10.1144/0016-76492006-022.
16. *Ryazantsev AV, Degtyarev KY, Kotov AB, et al.* Ofiolity i ostrovoduzhnyye komplekсы Zhalaïr-Naymanskoy zony i Chu-Kendykasskogo massiva (Yuzhnyy Kazakhstan): polozheniye v Struktura, obosnovaniye vozrasta i obstanovki formirovaniya. *Doklady nauk o Zemle*. 2009;427(2):902–906. (In Russ).

17. Bian W, Hornung J, Liu Z, et al. Sedimentary and palaeoenvironmental evolution of the Junggar Basin, Xinjiang, Northwest China. *Palaeobiology and Palaeoenvironment*. 2010;90(3):175–186. doi:10.1007/s12549-010-0038-9.
18. Korobkin VV, Buslov MM. Tectonics and geodynamics of the western Central Asian Fold Belt (Kazakhstan Paleozoides). *Russian Geology and Geophysics*. 2011;52(12):1600–1618. doi:10.1016/j.rgg.2011.11.011.
19. Xiao WJ, Windley BF, Allen MF, Han CM. Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage. *Gondwana Research*. 2013;23:1316–1341. doi:10.1016/j.gr.2012.01.012.
20. Xiao WJ, Santosh M. The western Central Asian Orogenic Belt: a window to accretionary orogenesis and continental growth. *Gondwana Research*. 2014;25:1429–1444. doi:10.1016/j.gr.2014.01.008.
21. Buslov MM, Cai K. Tectonics and geodynamics of the Altai-Junggar orogen in the vendian-paleozoic: implications for the continental evolution and growth of the Central Asian fold belt. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8:421–427.
22. Samygin SG, Kheraskova TN. Geologicheskoye stroyeniye i etapy tektonicheskoy evolyutsii paleozoid Kazakhstana. *Litosfera*. 2019;19(3):347–371. doi:10.24930/1681-9004-2019-19-3-347-371. (In Russ).
23. Brunet M, Sobel ER, McCann T. Geological evolution of Central Asian basins and the western Tien Shan range. *Geological Society of London*. 2020;427:1–17. doi:10.1144/SP427.17.
24. Zholtayev GZ, Nikitina OI, Zhaymina VY, et al. *Modernizatsiya stratigraficheskikh skhem fanerozoia Kazakhstana na osnove Mezhdunarodnoy khronostratigraficheskoy shkaly – 2016–2021*. Almaty: Institut geologicheskikh nauk imeni K.I. Satpayeva; 2021. 139 p. (In Russ).
25. Zholtayev GZ. Geodinamicheskiye modeli i neftegazonosnost' paleozoyskikh osadochnykh basseynov Zapadnogo i Yuzhnogo Kazakhstana [dissertation]. Moscow; 1992. (In Russ).
26. Korobkin VV. Tektonicheskoye rayonirovaniye i strukturnyye stili paleozoid Kazakhstana. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2011;319(1):71–77. (In Russ).
27. Abdulina AA, Zaytseva YA, editors. *Tektonicheskaya karta oblasti paleozoyskikh skladchatostey Kazakhstana i sopredel'nykh territoriy*. Masshtab 1:1500 000. Moscow; 1976. (In Russ).
28. Puchkov VN. *Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala*. Ufa: GILEM; 2000. 146 p.
29. Azizov TM, Vlasov VI. *Basseyny i mestorozhdeniya ugley i goryuchikh slantsev Kazakhstana*. Almaty: Informatsionno-analiticheskii tsentr geologii i mineral'nykh resursov RK; 1997. 113 p. (In Russ).
30. Votsalevskiy ES, Bulekbayev ZY, Iskuzhiyev BA, et al. *Spravochnik Mestorozhdeniya nefiti i gaza Kazakhstana*. Almaty: Kazakhstanskiy institut mineral'nogo syr'ya; 1999. 326 p. (In Russ).
31. Li AB. *Tektonika i perspektivy neftegazonosnosti Yuzhnogo Kazakhstana*. Alma-Ata: Nauka KazSSR; 1975. 220 p. (In Russ).
32. Votsalevskiy ES, Daukeyev SZ, Kolomiyets VP, et al. Glubinnoye stroyeniye i mineral'nyye resursy Kazakhstana. *Neff' i gaz*. 2002;3. (In Russ).
33. Achkulakov UA, Zhylykaydarov IS, Zholtayev G, et al. *Metodicheskoye rukovodstvo po kolichestvennoy otsenke prognoznykh resursov uglevodorodnogo syr'ya Respubliki Kazakhstan*. Almaty; 2002. 72 p. (In Russ).
34. Zholtayev GZ, Ozdoyev SM. Perspektivy neftegazonosnosti Alakol'skogo osadochnogo basseyna. *Izvestiya NAN RK, Seriya geologicheskaya*. 2010;3:122–127. (In Russ).
35. Korobkin VV, Chaklikov AY, Ismailov AA, Tulemisova ZS. Pozdnepaleozoyskaya – mezozoyskaya tektonicheskaya evolyutsiya i perspektivy poiskov uglevodorodnogo syr'ya v Alakol'skom osadochnom basseyne (Kazakhstan). *Geodinamika i tekton of izika*. 2023;14(5). doi:10.5800/GT-2023-14-5-0717. (In Russ).
36. Ismailov AA, Sakiyev DT. Osobennosti stroitel'stva skvazhin v podsolevykh mestorozhdeniyakh v usloviyakh AVPD (na primere mestorozhdeniya Kashagan). *Materialy Chetvertoy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy innovatsionnogo razvitiya neftegazovoy industrii»*; 2012 Feb 23–24; Almaty. (In Russ).
37. Tikebayev T, Kabdulov S, Ismailov A. Analysis of the existing methods for elimination of cement slurry losses while well cementing. *Int. J. Chem. Sci*. 2013;11(1):150–158.
38. Ismailova JA, Khussainova AR, Zerpa LE, et al. A new predictive thermodynamic model of paraffin Formation with the calculation of the mathematical Origin of the poynting correction factor. *NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2023;3(459):96–107. doi:10.32014/2023.2518-170X.302.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**Чакликов Ахан Едигеулы**

e-mail: a96chaklikov@gmail.com. ORCID:

0000-0001-8316-6599

WoS Researcher ID: ADD-8336-2022

Scopus Author ID: 57699735100

***Коробкин Валерий Васильевич PhD**

e-mail: korobkin_vv@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-1562-759X

WoS Researcher ID: AAZ-3580-2020

Scopus Author ID: 15729327100

Исмаилов Абдулахат Абдукаримович

PhD

e-mail: a.ismailov@kbtu.kz.

ORCID: 0000-0002-1957-5168

Scopus Author ID: 57202758242

WoS Researcher ID: JON-3767-2023

Буслов Михаил Михайлович

PhD

e-mail: buslov@igm.nsc.ru.

ORCID: 0000-0003-0606-2264

WoS Researcher ID: A-9238-2014

Scopus Author ID: 35576566500

Тулемисова Жамал Сериковна

PhD

e-mail: ztulemissova@gmail.com.

ORCID: 0000-0003-1803-4535

Scopus Author ID: 57190192963

WoS Researcher ID: ISA-5020-2023

AUTHORS' INFO**Akhan Ye. Chaklikov**

e-mail: a96chaklikov@gmail.com.

ORCID: 0000-0001-8316-6599 WoS

Researcher ID: ADD-8336-2022

Scopus Author ID: 57699735100

***Valeriy V. Korobkin**

PhD

e-mail: korobkin_vv@mail.ru. ORCID:

0000-0002-1562-759X WoS

Researcher ID: AAZ-3580-2020

Scopus Author ID: 15729327100

Abdulakhat A. Ismailov

PhD

e-mail: a.ismailov@kbtu.kz.

ORCID: 0000-0002-1957-5168

Scopus Author ID: 57202758242

WoS Researcher ID: JON-3767-2023

Mikhail M. Buslov

PhD

e-mail: buslov@igm.nsc.ru.

ORCID: 0000-0003-0606-2264 WoS

Researcher ID: A-9238-2014 Scopus

Author ID: 35576566500 **Zhamal S.**

Tulemissova

PhD

e-mail: ztulemissova@gmail.com.

ORCID: 0000-0003-1803-4535

Scopus Author ID: 57190192963

WoS Researcher ID: ISA-5020-2023

*Автор, ответственный за переписку/Corresponding Author