

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ И СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ СЫРДАРЬИНСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА И ПРОГНОЗ ЕГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО ПОТЕНЦИАЛА



Г.Ж. ЖОЛТАЕВ,
доктор геолого-
минералогических наук,
академик МАМР,
zholtaev.geroy@mail.ru



Х.Б. АБИЛХАСИМОВ,
доктор геолого-
минералогических наук,
академик АМР РК, главный
научный сотрудник,
khairy59@mail.ru

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК ИМ. К.И. САТПАЕВА
Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69

Сырдарьинский осадочный бассейн, приуроченный к северо-восточной окраине Туранской плиты, представляет собой крупную депрессионную структуру, нефтегазовый потенциал которой длительное время оставался недооценённым. В работе выполнена комплексная интерпретация данных сейсмостратиграфии, гравимагниторазведки и параметрического бурения с использованием концепции углеводородных систем и количественной оценки ресурсов по категории D2.

Установлено, что основной перспективный углеводородный потенциал сосредоточен в квазиплатформенном комплексе (средний девон — верхний палеозой), суммарные геологические ресурсы которого оцениваются в 3696,6 млн т условного топлива. Обосновано, что ранее принятая ориентация поисково-разведочных работ на мезозойские отложения не обеспечила положительных результатов вследствие недоучёта глубинных комплексов. Бассейн классифицируется преимущественно как газоносный (стадия апокатагенеза АК), при этом в качестве первоочередного объекта поисково-разведочных работ выделен Средне-Сырдарьинский прогиб.

Практическая значимость исследования заключается в уточнении направлений дальнейших геологоразведочных работ, включая проведение параметрического бурения до глубин 5000 м и выполнение высокоразрешающей сейсморазведки МОГТ с применением алгоритмов

глубинной миграции (PSDM) для повышения достоверности геологической интерпретации и локализации перспективных объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Сырдарьинский осадочный бассейн, углеводородная система, квазиплатформенный комплекс, сейсмостратиграфия, геологоразведка, оценка ресурсов, категория D2, газоносность, Туранская плита.

СЫРДАРИЯ ШӨГІНДІ АЛАБЫНЫҢ ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ СЕДИМЕНТАЦИЯЛЫҚ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ МҰНАЙ-ГАЗҒА ПЕРСПЕКТИВАЛЫҚ ӘЛЕУЕТІН БОЛЖАУ

Г.Ж. ЖОЛТАЕВ, геология-минералогия ғылымдарының докторы, МАНР академигі, zholtaev.geroy@mail.ru

Х.Б. АБИЛХАСИМОВ, геология-минералогия ғылымдарының докторы, МАНР академигі, бас ғылыми қызметкер, khairly59@mail.ru

Қ.И. СӨТПАЕВ АТЫҢДАҒЫ ГЕОЛОГИЯ ҒЫЛЫМДАР ИНСТИТУТЫ
Қазақстан Республикасы, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыр көш., 69

Туран тақтасының солтүстік-шығыс шетінде орналасқан Сырдария шөгінді бассейні мұнай әлеуеті бұрыннан жете бағаланбаған үлкен ойпат болып табылады. Бұл мақалада сейсмикалық стратиграфияның, гравитацияның және магниттік түсірілімдердің және көмірсутектік жүйелер тұжырымдамасын және D2 санаты үшін сандық ресурстарды бағалауды пайдалана отырып параметрлік бұрғылау деректерінің жан-жақты түсіндірмесі берілген.

Негізгі перспективалы көмірсутек әлеуеті квазиплатформалық кешенде (орта девон – жоғарғы палеозой) шоғырланғандығы анықталды, жалпы геологиялық ресурстары 3 696,6 млн тонна эквивалентті отынға бағаланады. Барлау үшін бұрын қабылданған мезозой кен орындарына назар аударудың тереңде жатқан кешендерді дұрыс бағаламау салдарынан оң нәтиже бермегені дәлелденді. Бассейн негізінен газды (АК апокатагенез кезеңі) жіктеледі, Орта Сырдария науасы барлаудың негізгі нысанасы ретінде анықталды.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы болашақтағы геологиялық барлау жұмыстарының бағыттарын нақтылауда, оның ішінде 5000 м тереңдікке параметрлік бұрғылау және геологиялық интерпретациялау және перспективалық объектілерді локализациялаудың сенімділігін арттыру үшін жалпы тереңдік көші-қон алгоритмдерін пайдалана отырып, жоғары ажыратымдылықтағы сейсмикалық барлау жұмыстарын жүргізуде.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: Сырдария шөгінді бассейні, көмірсутекі жүйесі, квазиплатформалық кешен, сейсмикалық стратиграфия, геологиялық барлау, ресурсты бағалау, D2 санаты, газ құрамы, Туран плитасы.

GEODYNAMIC AND SEDIMENTOLOGICAL EVOLUTION MODELS OF SYRDARYA SEDIMENTARY BASIN AND A FORECAST OF ITS OIL AND GAS POTENTIAL

G.ZH. ZHOLTAEV, doctor of geological and mineralogical sciences, academician of the international academy of mineral resources, zholtaev.geroy@mail.ru

Kh.B. ABILKHASIMOV, doctor of geological and mineralogical sciences, academician of the academy of mineral resources of the republic of kazakhstan, chief researcher, khairly59@mail.ru

The Syrdarya Sedimentary Basin, located along the northeastern margin of the Turan Plate, is a large depression structure whose oil and gas potential has long been underestimated. This study presents a comprehensive interpretation of seismic stratigraphy, gravity-magnetic survey, and parametric drilling using the concept of hydrocarbon systems and a quantitative resource assessment under Category D2.

It has been established that the main prospective hydrocarbon potential is concentrated in the quasi-shelf complex (Middle Devonian–Upper Paleozoic), whose total geological resources are estimated at 3,696.6 million tons of fuel equivalent. It is justified that the previously adopted focus of exploration work on Mesozoic deposits did not produce positive results due to the failure to account for deep complexes. The basin is classified primarily as gas-bearing (AK apocatagenesis stage), in this respect the Middle Syrdarya trough identified as the priority target for exploration work.

The practical significance of this study lies in refining the focus of future geological exploration work, including parametric drilling to depths of 5,000 m and high-resolution common depth point method seismic surveys using deep migration algorithms (PSDM) to improve the reliability of geological interpretation and the localization of prospective targets.

KEYWORDS: *Syrdarya Sedimentary Basin, hydrocarbon system, quasi-platform complex, seismic stratigraphy, geological exploration, resource assessment, category D2, gas-bearing capacity, Turan Plate.*

Введение. Сырдарьинский осадочный бассейн представляет собой одну из крупнейших слабоизученных мегаструктур Центральной Азии. Расположенный на северо-восточной окраине Туранской плиты, бассейн протягивается более чем на 750 км при ширине 300–350 км и занимает площадь свыше 137 000 км². Его границы определяются: на юге — горными сооружениями Центральных Кызылкумов (хребты Нуратау, Букантау, Тамдытау), на северо-востоке — системой Большого и Малого Каратау, на северо-западе — Аккырско-Кумкалинской структурной зоной.

Исторически в среде исследователей и геологических школ существовали серьезные теоретические разногласия относительно абсолютного возраста и геодинамической природы домезозойской части разреза бассейна. На протяжении десятилетий доминировала классическая концепция, согласно которой все без исключения палеозойские образования региона относились к жесткому герцинскому складчатому фундаменту, подвергнутому тотальному динамометаморфизму и интенсивным пликративным и дизъюнктивным дислокациям.

Применение современных методов сейсмостратиграфии, комплексной гравимагниторазведки и параметрического бурения позволило коренным образом пересмотреть геодинамическую модель бассейна.

Установлено, что коллизия Восточно-Европейской, Урало-Тобольской и Казахстанской литосферных плит, пик которой пришелся на поздний силур и ранний девон, привела к окончательному закрытию восточной ветви Уральского палеоокеана. В тылу сформировавшихся в этот период мощных островных дуг заложился Сырдарьинский задуговой бассейн. Геологическая эволюция этой структуры в течение девонского и раннекаменноугольного времени протекала в геодинамическом режиме пассивной континентальной окраины Казахстанского континента (рисунки 1).



Рисунок 1 – Геодинамическая модель эволюции Сырдарьинского осадочного бассейна в позднем палеозое (по Жолтаеву Г.Ж., Абилхасимову Х.Б.)

В результате этих масштабных тектонических процессов сформировалась гетерогенная, многоярусная структура земной коры, в которой предельно четко дифференцируются три структурно-тектонических этажа:

- кристаллический фундамент, сложенный образованиями докембрия и нижнего палеозоя;
- квазиplateформенный комплекс (КПК), формировавшийся со среднего девона по верхний палеозой;
- платформенный чехол, представленный осадочными толщами мезозоя и кайнозоя.

Квазиplateформенный комплекс, мощность которого в депрессионных зонах может достигать нескольких километров, представляющий интерес для оценки углеводородного потенциала бассейна формировался в специфических условиях дифференцированного блокового погружения участков земной коры, что сопровождалось накоплением мощных полифациальных толщ карбонатных и терригенных формаций.

Последующая киммерийская тектоническая активизация привела к региональному инверсионному воздыманию территории и частичному субэральному размыву верхних горизонтов палеозойских отложений, после чего на глубоко эродированную поверхность трансгрессивно легли осадки мезозойско-кайнозойского чехла. Понимание этой этапности является ключом к расшифровке как нефтяных, так и металлогенических систем региона.

Научная новизна работы – оценка нефтегазоносного потенциала Сырдарьинского бассейна на основе переосмысленной седиментационной и геодинамической моделей и комплексного анализа углеводородной системы.

Структурно-тектоническая характеристика бассейна. Геотектоническая архитектура Сырдарьинского бассейна контролируется сложнейшей интерференцией региональных разрывных нарушений глубинного заложения и дифференцированными блоковыми подвижками фундамента. В современной структурной модели

бассейн районирован на систему крупных прогибов преимущественно субмеридиональной ориентации, которые разделены выраженными валообразными поднятиями и седловинами.

Фундамент бассейна разбит густой сетью глубинных разломов, среди которых абсолютно доминируют субширотные и северо-западные линейные элементы на юге, и субмеридиональные им, структурно-конформные простираются хребта Большой Каратау (рисунок 2).

Тектоническое районирование позволяет разделить бассейн на две крупные макрозоны: северо-западную и юго-восточную. В северо-западной части бассейна выделяются гигантские Урмекумский, Жаугашский и Бердинский прогибы. Эти депрессионные зоны характеризуются максимальной глубиной погружения поверхности фундамента (по геофизическим данным до 5–6 километров) и выполнены толщами терригенно-карбонатного палеозоя большой мощности. Указанные прогибы разделены Карамурунской седловиной и Балтакольско-Босагинским валом.

Особое место занимает Карактауское поднятие, которое разделяет Сырдарьинский бассейн на две части, со всех сторон ограниченный сбросо-сдвиговыми нарушениями. В его пределах палеозойский комплекс подвергся глубокой денудации, вплоть до уровня турнейского яруса.

Юго-восточная часть бассейна включает Арысский и Байркумский прогибы, а также сопряженное с ними Шулинское поднятие. Арысский прогиб является уникальной тектонической мегаструктурой, где доминирующим фактором структурного контроля и деформации осадочного чехла выступает галокинез.

Диапир «Арысь», изначально закартированный гравиразведкой как интенсивный региональный гравитационный минимум, был подтвержден бурением параметри-



Рисунок 2 – Тектонические границы и макрозоны Сырдарьинского бассейна

ческой скважины 1-Г, которая вскрыла более двух километров соли. Пластичные массы галита серпуховско-башкирского возраста под кумулятивным воздействием литостатического давления перекрывающих толщ и латерального тектонического сжатия прорвали карбонатно-терригенные толщи верхнего палеозоя и пластично деформировали базальные горизонты мезозойского чехла. Сейсморазведочные работы МОГТ высокой разрешающей способности зафиксировали в своде купола Арысь компенсационные мульды проседания в мезозойских отложениях.

Анализ трансформированного гравиметрического поля и высокоточной сейсморазведки позволяет геологам уверенно прогнозировать наличие целой серии скрытых солянокупольных структур в пределах Арысского и Байркумского прогибов (включая Аманджарский, Неожиданный и Кабулсайский локальные гравитационные минимумы). Эпиплатформенный орогенез плиоценового этапа (проявление альпийского тектогенеза) привел к мощной реактивизации древних разломов фундамента. Это выразилось в формировании локальных брахиантиклинальных складок штампового типа в мезозойско-кайнозойском осадочном чехле. Зачастую эти молодые складки имеют дискордантное, несогласное залегание по отношению к глубинным палеозойским структурам, что крайне затрудняет интерпретацию структурных планов без использования глубинной сейсмической миграции.

Литолого-стратиграфическая характеристика осадочного бассейна. Стратиграфический разрез Сырдарьинского бассейна отличается исключительной полнотой, фациальным разнообразием и резкой латеральной изменчивостью, отражая радикальную смену геодинамических режимов от активного до стабильного платформенного.

Архитектура осадочного выполнения базируется на трех упомянутых выше структурных этажах, каждый из которых обладает уникальными литологическими и петрофизическими характеристиками.

Нижний структурный этаж, играющий роль кристаллического фундамента бассейна, изучен преимущественно в пределах горных обрамлений, где он представлен глубокометаморфизованными породами рифейского, протерозойского и локально нижнепалеозойского возраста. Литологически этот комплекс выражен парагнейсами, ортогнейсами, кристаллическими сланцами, а также мощными интрузивными комплексами гранитоидов и гранодиоритов. Во внутренних, наиболее погруженных зонах Сырдарьинского бассейна эти образования залегают на значительных глубинах, оцениваемых геофизическими методами в интервале от 5 до 7 километров, и глубоким бурением до настоящего времени не вскрыты.

Средний структурный этаж — квазиплатформенный комплекс — является центральным объектом для оценки углеводородного потенциала. Разрез КПК начинается с мощной формации континентальных красноцветных отложений среднего и верхнего девона, выделяемых в объеме тюлькубасской и корпешской свит (рисунок 3).

Эти породы, детально изученные по керну скважины 3-П Среднесырдарьинская в интервале глубин 2477–2990 метров, представлены ритмичным переслаиванием гравелитов, разнозернистых аркозовых и граувакковых песчаников, полимиктовых алевролитов и шоколадно-бурых аргиллитов. Присутствие ярко выраженной косои слоистости, полиминерального (железисто-карбонатно-сульфатного) цемента и

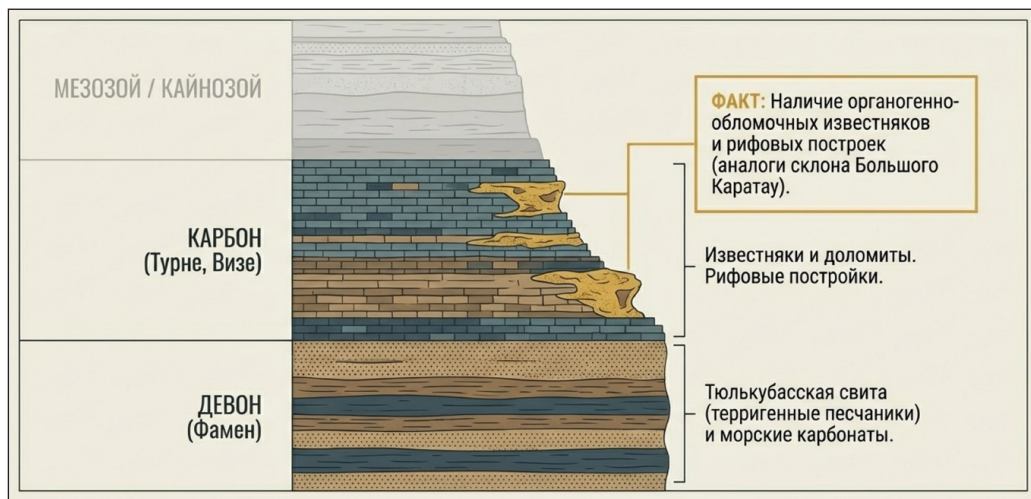


Рисунок 3 – Седиментационная модель осадочного комплекса Сырдарьинского бассейна

текстур высыхания свидетельствует об аллювиально-пролювиальных и мелководно-лагунных условиях седиментации, протекавшей в условиях жесткого аридного палеоклимата. Общая мощность девонских красноцветов, по геофизическим данным, может достигать 1500 метров.

Выше по разрезу с несогласием залегают морские карбонатные и терригенно-карбонатные образования фаменского яруса верхнего девона и турнейско-визейских ярусов нижнего карбона. Литологический состав этой толщи демонстрирует крайнюю степень латеральной изменчивости. В западных и юго-западных районах бассейна, в частности в разрезе скважины 2-П (интервал 2960–3070 метров в поднадвиговом залегании), зафиксирована так называемая кызылатинская фация. Она сложена микрозернистыми доломитизированными известняками, скрытокристаллическими вторичными доломитами и ангидритами, что указывает на формирование осадков в условиях изолированных лагун с аномально повышенной соленостью и ограниченным водообменом с открытым морем.

В то же время нижнетурнейские отложения содержат богатейшие комплексы фораминифер (выделены биостратиграфические зоны *Quasiendothya kobeitusana*, *Archaesphaera minima*), отражающие периоды масштабных морских трансгрессий и формирования обширных карбонатных отмелей и банок.

Визейский ярус, широко развитый в горах Каратау (оргайлысайская, казанбузарская, акуюкская свиты), во внутренних частях бассейна представлен преимущественно массивными органогенно-детритовыми известняками с кремневыми желваками, что указывает на стабильные условия открытого морского шельфа. Особый генетический и практический интерес представляет серпуховско-башкирский ярус, который демонстрирует резкую фациальную дифференциацию бассейна.

В северо-западной части Сырдарьинского бассейна (Бердинский, Жаугашский прогибы), по данным скважины 1-П, этот ярус представлен колоссальной по мощности (вскрыто 1193 метра, по сейсмическим данным — свыше 2500 метров) монотонной толщей темно-серых и черных сланцеватых аргиллитов с обильной

Таблица 1 – Обстановки осадконакопления и характеристика осадочного комплекса Сырдарьинского бассейна

Стратиграфическое подразделение	Возраст	Преобладающая литология	Среда осадконакопления	Оценочная толщина (м)
Платформенный чехол	Неоген - Антропоген	Полимиктовые пески, гравелиты, суглинки, конгломераты	Континентальная моласса, аллювий	100 - 1000
	Палеоген	Монтмориллонитовые глины, мергели, известковистые песчаники	Мелководно-морская, шельфовая	до 500
	Мел (K1-K2)	Пестроцветные песчаники, глауконитовые алевролиты, мергели	Прибрежно-морская, дельтовая	до 1150
	Юра (J2-J3)	Гравелиты, слабцементированные аркозовые песчаники, углистые глины	Аллювиальная, озерно-болотная	до 200 - 300
Квазиплатформенный комплекс	Карбон (C1s - C2b)	Глубоководные черные аргиллиты (северо-запад)/ Каменная соль, ангидриты (юго-восток)	Рифтовая впадина / Изолированная эвапоритовая лагуна	1000 - 2500+
	Карбон (C1t - C1v)	Органогенно-детритовые известняки, доломиты, кремнистые сланцы	Открытый карбонатный шельф, отмели	до 1900
	Девон (D3fm)	Микрозернистые доломиты, пелитоморфные известняки, карстовые брекчии	Лагунная, карбонатная платформа	до 600
	Девон (D2-D3)	Красноцветные аркозовые песчаники, полимиктовые алевролиты	Континентальная, аридная	до 1500
Кристаллический фундамент	Докембрий - Ранний Палеозой	Гнейсы, кристаллические сланцы, гранитоиды, вулканиты	Магматическая и высокоградная метаморфическая	Не установлена (вскрыта спорадически)

вкрапленностью фрамбоидального пирита. Эта толща накапливалась в условиях глубоководного некомпенсированного прогиба рифтогенной природы, где господствовало сероводородное заражение придонных вод, что обеспечило уникальную сохранность органического вещества. Диаметрально противоположная картина наблюдается в юго-восточной части бассейна (Арысский и Байркумский прогибы).

В этот же стратиграфический период здесь формировалась эвапоритовая формация. Опорная скважина 1-Г Арысь вскрыла толщу каменной соли в интервале 1767–4004 метров (забой остался в соли), где пласты чистого кристаллического галита многократно чередуются с пачками плотных ангидритов, доломитов и редких терригенных пород. По микрофауне фораминифер возраст этой галогенной толщи надежно датирован как серпуховско-башкирский. Этот факт неоспоримо доказывает существование здесь в раннем и среднем карбоне эвапоритовой лагуны.

Верхний структурный этаж — платформенный мезозойско-кайнозойский чехол — трансгрессивно залегает на глубоко эродированной, денудированной поверхности разновозрастных палеозойских комплексов. Пермские и триасовые отложения во внутренних районах бассейна практически полностью отсутствуют, что фиксирует длительный перерыв в континентальном осадконакоплении и фазу активного размыва.

Юрские отложения имеют крайне спорадическое, очаговое распространение, выполняя локальные эрозионные палеодепрессии и карстовые воронки в теле палеозоид. Они представлены средне- и верхнеюрскими серо- и пестроцветными слабосцементированными кварцево-полевошпатовыми песчаниками, гравелитами и глинами, мощность которых редко превышает 200–300 метров.

Меловая система развита повсеместно, перекрывая бассейн сплошным чехлом, и достигает суммарной мощности до 1150 метров. Неокомский надъярус (азатбашская, кекпенкалдинская и карактауская свиты) сложен преимущественно красноцветными песчано-алевролитовыми породами континентального и дельтового генезиса. Апт-альбские отложения (айдарская свита) представлены ритмичным чередованием серых песчаников и пестроцветных глин с обугленными растительными остатками. Верхний мел (сеноман, турон, сенон) образован мощными прибрежно-морскими терригенными толщами, которые в маастрихтском ярусе закономерно сменяются мелководными известняками и мергелями.

Завершают разрез морские карбонатно-глинистые осадки палеогена (босагинская, капланбекская, кайнарбулакская свиты) мощностью до 500 метров и мощная (до 1000 метров) толща неоген-четвертичных континентальных моласс, свидетельствующая о новейшем этапе активизации смежных горных сооружений.

Эволюция бассейна и геологическое моделирование. Геодинамическая эволюция Сырдарьинского бассейна представляет собой сложный многофазный процесс, охватывающий полный цикл Вильсона, существенно трансформированный спецификой внутриконтинентального развития региона (*рисунок 4*).

На основе комплексного синтеза литолого-фациальных, петрофизических, палеогеографических и геофизических данных выстраивается следующая концептуальная геолого-генетическая модель формирования бассейна.

В раннем палеозое данная территория представляла собой высокоактивную окраину Казахстанского палеоконтинента. Субдукционные процессы сопровождались интенсивным островодужным вулканизмом и формированием сложных аккреционных призм. Последующая жесткая коллизия континентальных блоков в позднем силуре и раннем девоне привела к масштабной консолидации складчатого фундамента и окончательному закрытию Уральского океанического бассейна.

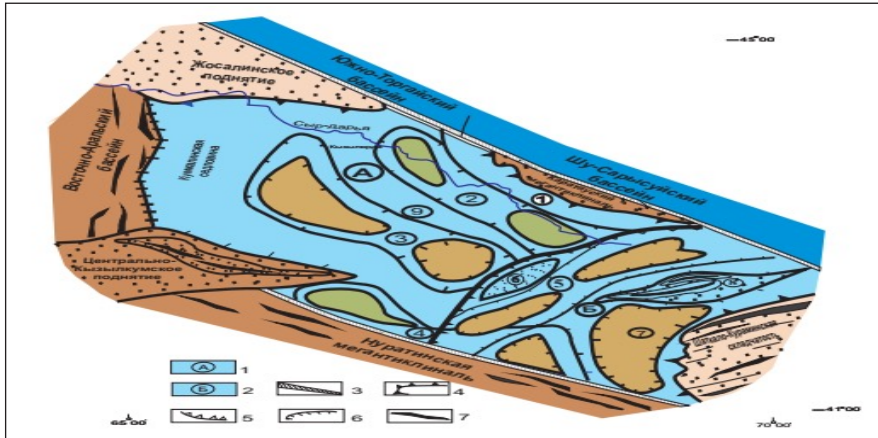


Рисунок 4 – Геодинамическая модель Сырдарьинского бассейна (составил Г.Ж. Жолтаев)
 Условные обозначения: А - Среднесырдарьинский прогиб, 2 - Б - Арысский прогиб;
 Цифры: 1. Больше-Каратауская моноκлинал, депрессии: 2-Жаугашская, 3 - Бердинская,
 4 - Преднуратинская, 5 - Арысская, 6 - Приташкенское, поднятия: 5 - Карактауское,
 6 - Шаулинское, 7 - Кекпенкалдинское; 3 региональные глубинные; 4 - Ордабасский,
 5-Карактауский и границы структурных элементов; 7 - антиκлинали.

В среднем и позднем девоне на фоне посторогенного гравитационного коллапса и регионального растяжения (рифтогенеза) литосферы закладывается система глубоких внутриконтинентальных грабенов. Этот начальный платформенный этап характеризуется лавинным накоплением гигантских толщ аллювиально-пролювиальных красноцветных моласс (тюлькубасская свита) в условиях экстремально аридного климата. Интенсивное растяжение континентальной земной коры обеспечило формирование глубинных путей для теплопереноса и заложение глубоких прогибов, ставших основными депоцентрами седиментации.

Обширная морская трансгрессия в фаменском веке ознаменовала радикальный переход к формированию эпиконтинентальной карбонатной платформы. В течение турнейского и визейского веков в условиях теплого, гидродинамически активного мелководного моря южного типа происходило массовое накопление чистых органично-детритовых известняков.

Геологическое моделирование, основанное на сейсмостратиграфическом анализе и методе тектонических аналогий с высокопродуктивными Бухаро-Хивинским и Прикаспийским бассейнами, предполагает формирование в этот период трех резко дифференцированных фациальных зон: глубоководной депрессионной, барьерно-рифовой и мелководно-лагунной. Учитывая палеогеоморфологическую обстановку, на крутых склонах внутрибассейновых поднятий (Шулинское, Карактауское) шло интенсивное рифообразование с формированием мощных биогермных массивов, концептуально подобных уникальным карбонатным постройкам Ортабулака (Уртабулака) и др.

По аналогии с Торгайским и Шу-Сарысуским регионами, некоторыми исследователями (Жемчужников В.Г., Бигараев А.) предполагается в Сырдарьинском бассейне наличие трех фациальных зон развития известняков верхнего девона и нижнего карбона: *депрессионная, барьерно-рифовая и лагунная*.

Депрессионная зона. Известняки этой зоны формировались в глубоководных частях морского бассейна и характеризовались относительно небольшими мощностями, достигавшими не более 400-500 м. Здесь в объеме карбонатной формации могут быть развиты биогермы, биостромы и банки. Они в целом обладают улучшенными коллекторскими свойствами и могут служить ловушками для нефти и газа. Размеры их обычно не превышают 7x5 км при высоте 20 - 80 м;

Барьерно-рифовая зона. Карбонатная формация этой зоны имеет резко увеличенную мощность. В её пределах развиты рифовые постройки высотой 1500 м и более. Обычно рифы развиты в полосе перехода от депрессионной зоны к лагунной, на поднимающемся уклоне дна бассейна седиментации, где много тепла и света для развития кораллов.

Согласно сейсмическим исследованиям четко определена линия увеличенной мощности карбонатной формации. На крайнем севере барьерно-рифовой зоны она проходит несколько западнее структуры Сложная. В целом она охватывает северо-восточную часть структуры Аккум, опускается на юг до структуры Шаульдер, далее проходит по середине Арысского прогиба и проходит к юго-западу от структуры Байркум. Анализ геолого - геофизической информации показывает, что граница распространения барьерно-рифовой системы в целом протягивается с юга на север по линии структур Байркум, Каракунгур, Арысь, Шаульдер, Аккум и Сложная. К западу от этой линии развита депрессионная зона, а к югу от неё – лагунная зона.

Лагунная зона. Карбонатная формация этой зоны характеризуется увеличенной мощностью, и, что очень важно, переслаиванием известняков с солями и ангидридами, образуя галогенно-сульфатно-карбонатную толщу, что и было установлено скважиной 1-Г Арысь. В лагунной зоне обычно широко развиты пластообразно залегающие рифовые тела, а также продукты их разрушения волнами и переноса обломков и частичек рифостроящих организмов.

Подобная модель дифференциации исследуемого региона на зоны развития пород различного литолого-фациального состава позволяет надеяться на открытие промышленных скоплений углеводородов в отложениях КПК верхнего палеозоя Сырдарьинского осадочного бассейна. Из них набором комплекса факторов, наиболее благоприятных для формирования скоплений УВ, обладают рифовые постройки, изучению которых должно быть уделено особое внимание.

Серпуховско-башкирский этап. На сегодняшний день наиболее изученными являются башкирские рифовые фации края карбонатной платформы в горах Улькенкудук Угамского района, где они наблюдаются в виде разобщенных коренных выходов в междуречье Аксу и Машат (рисунки 5). На участке Улькенкудук рифовые постройки и подрифовые отложения изучены А.Е. Зориным, В.Я. Жайминой, по четырем профилям.

В первом подрифовые отложения сложены зернистыми известняками (грейнстоунами) с фораминиферами. Среди грейнстоунов встречен биогерм с кораллами *Rugosa*, криноидеями, брахиоподами и остракодами. В биогерме наблюдаются полости и пустоты. Над биогермом обнаружены известняки с прослоями известняковых брекчий, а выше – известняки рифовые с кораллами *Rugosa*, мшанками, криноидеями и редко остракодами. В подрифовых отложениях в шлифах 3836–3838 в спонголитах встречены фораминиферы *Endothyranopsis cf. sphaeica*, что дает основание считать их серпуховскими.

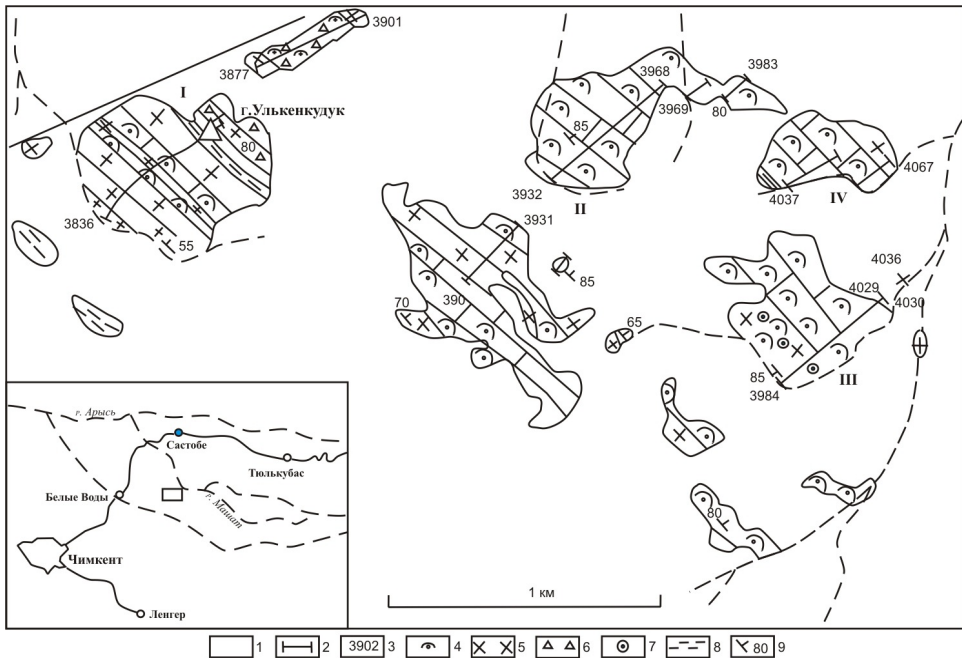


Рисунок 4 – Схема распространения башкирских рифовых фаций края карбонатной платформы, горы Улькенкудук, Угамский район (по А. Е. Зорину, 1998).
1 - участок работ; 2 - номер профиля; 3 - точки отбора проб; 4 - рифовые известняки; 5 - межрифовые фации; 6 - известняковые брекчи; 7 - криноидные известняки; 8 - терригенные породы; 9 - элементы залегания

В грейнстоунах встречена фауна брахиопод (детрит и раковины), криноидей, мелких ругоз, кораллов *Syringopora* и *Rugosa*. Таким образом, биогерм и риф образовались в раннебашкирское время, причем в биогерме и подстилающих осадках обнаружены фораминиферы зоны *Plectostaffella bogdanpvktnsis* – *Pl. posochovae*, а в перекрывающих риф брекчированных известняках и редко в рифовых известняках встречены фораминиферы зоны *Semistaffella variabilis* (Кулагина Е.И. и др., 1992 г.). При этом в самом рифе фораминиферы единичны, а присутствуют мшанки, колониальные кораллы, брахиоподы.

Во втором профиле в подрифовых отложениях встречен комплекс зоны *Semistaffella variabilis* (шлифы 3902–3920), аналогичный найденному в первом профиле. В подошве биогерма в основании рифа встречены фораминиферы зоны *Pseudostaffella antiqua*. В комплексе присутствуют *Plectostaffella aff. jakhensis*, *Pl. bogdanpvktnsis*, *Semistaffella inconstans*, *S. cf. minuscularia*, *S. aff. variabilis*, *Pseudostaffella korobezkikh*, *Ps. sp.* и др.

В третьем профиле определен комплекс зоны *Semistaffella variabilis*, присутствуют *Semistaffella cf. variabilis*, *S. minor*, много плектоштаффелл – *Plectostaffella jachakia*, *Pl. bogdanovkensis*. Над ними появляются *Pseudostaffella*, *Semistaffella cf. inconstans*, *Plectostaffella quadrata* – комплекс зоны *Pseudostaffella antiqua*. Выше определены *Pseudostaffella cf. turbulenta* и *Ozawainella? aurora*, что позволяет предполагать наличие зоны *Pseudostaffella praegorskyi*. Здесь же в рифовой по-

стройке присутствуют *Semistaffella*, *Pseudostaffella*, *Globivalvulina* с трехслойной стенкой, водоросли *Donezella cf lutugini* и др. Среди баундстоунов встречаются единичные прослои оолитовых известняков.

В четвертом профиле обнаружены редкие фораминиферы зон *Semistaffella variabilis* и *Pseudostaffella antiqua*.

Таким образом, биогермы и рифовые постройки в горах Улькенкудук возникли в башкирском веке и время их образования определяется фораминиферовыми зонами *Plectostaffella bogdanpvktnsis*, *Semistaffella variabilis*, *Pseudostaffella antiqua*, *Pseudostaffella praegorskyi* нижнего башкира (Жаймина В.Я., 2002, «Зональная стратиграфия фанерозоя СССР» 1991г., Кулагина Е.И. и др., 1992г., Постановление Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий, 1998 г.).

Исследуя биогермные постройки позднего палеозоя О. И. Сергунькова, М. Махаматрахимов, отмечают, «что рифовое море с биогермными образованиями саргардонской свиты известно на большем протяжении вдоль краевого прогиба Тянь-Шаньской геосинклинали». И далее: «В восточной ее части установлены подобные одновозрастные биогермные постройки в хр. Терской Алатау (южное Присонкулье), где они выделены как «кадралинская свита» рифовых известняков, оконтуриваемых в прогибах «джапрыкской свитой» известково-глинистых образований с гониатитовой фауной (Попов А. В. 1965), одновозрастной с саргардонской». В западном направлении Тянь-шаньской геосинклинали в предгорьях хр. Нуратау в горах Писталитау наблюдаются также подобные биогермные накопления, где отложения нижнего турне (семизсалпинская свита) с *Rhytiophora temirensis* (Serg.) покрываются афанитовыми известняками с включением детринтуса с линзами буро-красного песчаника и каолинита тузканской свиты, с фауной соответствующей саргардонской.

Рифовые постройки установлены вдоль всего северо-восточного борта Средне-сырдарьинской впадины. Указанные постройки обрамляются мощными и протяженными комплексами пред- и зарифовых отложений. Часть из них вполне может относиться к нефтематеринским – склоновые карбонатные турбидиты с повышенным содержанием углеродистого вещества. Так, на свинцово-цинковых месторождениях Шалкия и Талап, приуроченных к указанным отложениям, содержание УВ превышает 3%. В то же время, широко развитые в разрезе, хорошо промытые карбонатные пески (грейнстоуны) внутренней части карбонатной платформы и зоны литорали, а также крупнозернистые отложения дебрисных потоков имеют неплохие коллекторские свойства. В породах карбонатного разреза широким распространением пользуются региональные поверхности осушения и перерыва в осадконакоплении, сопровождаемые зонами карстообразования, брекчиями растворов и обрушения пород, также являющиеся потенциальными коллекторами.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что наличие рифовых построек на обнажениях, примыкающих к исследуемой территории являются установленным фактом. Их интерполяция к закрытой территории во многом будет способствовать к определению новых направлений геологоразведочных работ на углеводородное сырье в Сырдарьинском осадочном бассейне. Следует подчеркнуть, что исследования верхнеюрских рифовых построек Чарджоуской ступени Туранской плиты, с которыми связаны крупные скопления УВ (Кокдумалак, Шуртан, Зеварды,

Алан и др.) тоже начинались именно с их изучения в обнажениях соседней территории – Юго-Западных отрогов Гиссара.

Следовательно, интерполяция рифовых построек с описанных на обнаженной территории к соседней «закрытой» территории и применения накопленного опыта по их изучению на «закрытую» территорию методом аналогии для исследуемого осадочного бассейна является вполне научно-обоснованным подходом.

Накопленный опыт по изучению рифовых построек Чарджоуской ступени показал распространение на этой территории трехфациальных зон: депрессионной фации, фации барьерного рифа и лагунной (зарифовой) фации. При этом было установлено, что здесь фации депрессионной зоны с широким развитием органогенных построек типа биогерм характерны для Бешкентского прогиба, где открытой к океану стороной, в соответствующем отрезке геологического времени, явилось его южная часть.

Применение метода аналогии с учетом интерполяции вышеприведенных описаний рифогенных построек на обнажениях горных хребтов на «закрытую» территорию – Сырдарьинский осадочный бассейн позволило нам, по аналогии с соседней Чарджоуской ступенью Туранской плиты, в пределах Сырдарьинского осадочного бассейна оконтурить три различные фациальные зоны верхнедевонско-нижнекаменноугольных карбонатных образований: депрессионную, барьерного рифа и лагунную (зарифовую).

Если в Чарджоуской ступени депрессионная зона с широким развитием органогенных построек типа биогерм существовала только в Бешкентском прогибе, то в Сырдарьинском осадочном бассейне подобных депрессионных зон выделяется несколько и тяготеют они к Байркумскому, Арысскому, Бердинскому, Жаугашскому и Урмекумскому прогибам. Интересным сходством этих прогибов является то, что, как и в Бешкентском прогибе, открытая к океану сторона у них южная. Данная модель строения карбонатной формации позднедевонско-раннекаменноугольного возраста будет приведена ниже.

В то же время (серпуховско-башкирский этап) в юго-восточной части Сырдарьинского бассейна в результате структурной изоляции от открытого морского бассейна трансформировалась в гигантскую эвапоритовую лагуну. Аридный климат и ограниченный приток свежей морской воды привели к садке колоссальных объемов каменной соли и ангидритов, образовавших идеальный региональный флюидоупор.

Герцинская фаза тектогенеза (поздний карбон — пермь) спровоцировала инверсию тектонического режима, общее воздымание территории и полное прекращение морского осадконакопления. Квазиплатформенный палеозойский комплекс подвергся пликативным и дизъюнктивным деформациям, блоковому дроблению и глубокому субэриальному размыву. В результате отложения перми и триаса во внутренних частях бассейна были полностью эродированы.

С юрского периода начинается платформенный (плитный) этап, характеризующийся постепенным термическим остыванием литосферы, плавным синеклизным погружением и накоплением терригенных континентальных и мелководно-морских осадков мезозоя и кайнозоя.

Материалы и методы исследования

Исходные данные. Исследование выполнено на основе комплекса геолого-геофизических данных, охватывающих всю территорию бассейна:

- Основу исследования составили материалы комплексных геолого-геофизических работ, выполненных в 2014–2015 гг. в пределах Сырдарьинского осадочного бассейна. Работы проводились по системе опорных региональных профилей (геотраверсов): профиль IX–IX северо-западного простирания протяжённостью ~500 км и профиль X–X субмеридионального направления длиной ~210 км.

- Материалы параметрических скважин: ОП-1 Акбулак; скважины 1-П, 2-П, 3-П Среднесырдарьинская (глубины 2477–4200 м); скважины 1-Г Арысь (4004 м, забой в соли). Для каждой скважины обработаны керн, данные ГИС (ПС, КС, ГК, НГК, АК) и результаты ВСП.

- Отложения карбонатного состава территории Казахстана изучались в процессе геологосъемочных работ Большого Каратау и Угамского хребта, а также проводились специализированные седиментологические работы в этом же районе по международным программам (CRADA и др.) под эгидой геологической службы США с участием специалистов поисково-съёмочной экспедиции и ведущих нефтяных фирм, работающих в Казахстане. В результате этих исследований, подтверждено большое сходство карбонатных отложений Большого Каратау и изолированной карбонатной платформы Тенгиза как по возрасту, так и по литологическому составу пород. Эти данные отражены в публикациях в иностранных и отечественных журналах и представлялись на ряде конференций KIOGE, AAPG, ACEPM. В пределах карбонатных платформ, изученных в Большом Каратау и погружающихся под покров платформенного структурного этажа в Среднесырдарьинской впадине, установлено широкое развитие значительных по размерам (протяжённостью до 15–20 км и мощностью многие сотни м) рифовых построек фаменского и каменноугольного возраста.

- Сеть сейсмических профилей МОГТ-2D общей протяжённостью >2400 пог. км (обработка методом CDP, кратность 24–48).

- Площадные данные гравиразведки (масштаб 1:200 000) и магниторазведки (масштаб 1:200 000).

- Фондовые геологические отчёты по результатам ГРП 1960–2010-х гг. [9, 10].

Аналитические методы

Оценка нефтегазоносной системы проводилась в рамках концепции Magoon & Dow (1994) [11] с построением “events chart” и картированием нефтематеринских толщ. Зрелость ОБ оценивалась по стандартам Hunt (1996) [12] и Peters & Cassa (1994) [13] с использованием данных Rock-Eval пиролиза (Tmax, HI) и показателя витринита (Ro).

Структурная интерпретация выполнялась методами сейсмостратиграфии согласно Sheriff & Geldart [14] и Yilmaz [15]: выделение сейсмических секвенций, картирование отражающих горизонтов, анализ сейсмических фаций.

Подсчёт ресурсов категории D2 осуществлён объёмным методом Л.Г. Уикса по формуле $Q = qv * V$, где qv — плотность ресурсов (т/км³), V — объём перспективной толщи (км³). Плотность ресурсов принята 12 000 т/км³ по региональной аналогии с Устюртской и Южно-Тургайской провинциями [16].

Результаты и обсуждение

Анализ углеводородной системы. Исторически геологоразведочные работы в Сырдарьинском бассейне ошибочно ориентировались исключительно на мезозойско-кайнозойский комплекс по прямой стратиграфической аналогии с соседней Бухаро-Хивинской нефтегазоносной провинцией, где в меловых и юрских отложениях были открыты уникальные месторождения-гиганты (Газли).

Однако бурение более 39 поисковых и структурных скважин в самом Сырдарьинском бассейне доказало бесперспективность платформенного чехла. Отсутствие углеводородных скоплений в мезозое научно объясняется комплексом непреодолимых негативных факторов: крайне спорадическим развитием юрских отложений (основного нефтематеринского комплекса соседних бассейнов), критически низкой степени термобарического преобразования органического вещества (осадки не вошли в главную зону нефтеобразования) и, что наиболее фатально, гиперактивным инфильтрационным гидродинамическим режимом. Пластовые воды меловых горизонтов являются абсолютно пресными (минерализация падает до 1,5 г/л), относятся к сульфатно-натриевому типу и насыщены растворенным азотным газом атмосферного генезиса, что свидетельствует о тотальной, сквозной промытости коллекторов метеорными водами, инфильтрующимися с окружающих гор, и неизбежном разрушении любых гипотетических скоплений углеводородов.

В связи с этим углеводородный потенциал Сырдарьинского бассейна связывается исключительно с палеозойским квазиплатформенным комплексом (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика углеводородной системы Сырдарьинского бассейна

Элемент углеводородной системы	Литолого-стратиграфическая приуроченность	Петрофизическая и геохимическая характеристика качества
Материнские породы	Аргиллиты и черные сланцы (C1s - C2b), битуминозные известняки (C1t-v)	ТОС 0.5-2.5%. Термальная зрелость: МКЗ-АК (поздняя стадия генерации метана).
Породы-коллекторы	Трещиноватые известняки, карстовые доломиты, рифовые фации (D3fm - C1v, C1s-C2b)	Поровые и каверно-поровые коллекторы в рифовых известняках. Вторичная трещинно-кавернозная пористость. Песчаники D2-3: пористость 8-10%, проницаемость 1-10 мД.
Флюидоупоры	Глинистые сланцы и аргиллиты в северо-западной части. Каменная соль, монолитные ангидриты (C1s-C2b) в юго-восточной части бассейна.	Абсолютные изолирующие свойства эвапоритов. Отсутствие трещинной проницаемости в пластичной соли.
Структурные ловушки	Подсолевые тектонические поднятия, рифовые постройки, зоны выклинивания	Высокий потенциал удержания гигантской колонны УВ под надежным солевым экраном.
Процессы миграции	Глубинные разрывные нарушения, прямой стратиграфический контакт	Вертикальная пульсационная и латеральная миграция газов в подсолевые резервуары при тектонических подвижках.

Оценка вероятности: Учитывая доказанное наличие зрелых материнских пород и идеальных эвапоритовых покровов, геологическая вероятность (Probability of Success) обнаружения промышленных скоплений природного газа в палеозойском комплексе бассейна оценивается как высокая.

Нефтематеринские породы (Source rocks): Главным доказанным источником генерации углеводородов являются глубоководные темно-серые и черные сланцеватые аргиллиты фаменско-визейского и серпуховско-башкирского возраста, а также битуминозные прослои в карбонатных толщах визе и турне.

Прецизионные геохимические исследования образцов керн (включая методы пиролиза Rock-Eval, определение отражательной способности витринита) показывают, что содержание общего органического углерода (TOC/Сорг) в этих толщах устойчиво варьирует от 0,5% до 2,5%, а концентрация сингенетичных битумоидов достигает 0,12%. Органическое вещество относится преимущественно к сапропелевому и смешанному типам. Термобарическая история прогибания бассейна указывает на то, что палеозойские толщи в депоцентрах погружались на глубины свыше 4–6 километров, пройдя все стадии мезокатагенеза и достигнув жесткого апокатагенеза (термические градации МКЗ–АК). Высокие значения отражательной способности витринита и геохимического параметра T_{max} неопровержимо свидетельствуют о том, что материнские породы полностью реализовали свой первоначальный нефтяной потенциал и в настоящее время генерируют исключительно сухой газ.

Породы-коллекторы (Reservoir rocks): Емкостно-фильтрационные свойства палеозойских пород детально изучены по керну параметрических скважин. Основными продуктивными коллекторами выступают трещиноватые, брекчированные и кавернозные известняки и вторичные доломиты фаменского, турнейского и визейского ярусов.

Несмотря на то, что матричная (первичная) пористость этих плотных пород крайне низкая вследствие интенсивных процессов постседиментационной перекристаллизации и кальцитизации, вторичная пустотность — трещинная и кавернозная емкость, генетически связанная с тектоническим дроблением в периоды инверсий и развитием глубокого палеокарста на поверхностях несогласий — обеспечивает высокие коллекторские свойства. В базальных песчаниках верхнего девона открытая пористость достигает 8–10%, однако проницаемость часто критически снижена до 1–10 мД из-за интенсивной карбонатно-сульфатной цементации порового пространства.

Флюидоупоры (Seal rocks): Надежная физическая сохранность залежей газа в квазиplatformном комплексе обеспечивается наличием локальных и региональных экранов. В юго-восточной части бассейна (Арынский и Байркумский прогибы) эту роль выполняет мощнейшая (более 2000 метров) галогенная толща серпуховско-башкирского возраста. Пластичные эвапориты (галит и ангидрит) лишены трещинной проницаемости и являются идеальным флюидоупором, способным удерживать многокилометровые колонны углеводородов под аномально высоким пластовым давлением. В северо-западной части бассейна (Жаугашский, Бердинский прогибы) роль регионального экрана принимает на себя толща глубоководных глинистых сланцев и аргиллитов, матричная проницаемость которых практически равна нулю.

Модель нефтегазовой системы и типы ловушек (Petroleum system model & Traps): В рамках построенной концептуальной модели углеводородной системы прогнозируется формирование следующих морфологических типов ловушек:

- Крупные подсолевые брахиантиклинальные складки и тектонические блоки, герметично перекрытые региональной эвапоритовой покрывкой.

- Рифогенные биогермные постройки (выделяемые по строгой аналогии с гигантскими месторождениями Устюрта и Бухаро-Хивинской провинции), стратиграфически расположенные на крутых склонах палеоподнятий.

- Тектонически экранированные ловушки в шовных зонах региональных надвигов и сбросов.

- Специфические ловушки стратиграфического и тектонического притыкания на крутых флангах соляных куполов (надсолевой и межсолевой комплексы).

Анализ поисковых рисков и неопределенностей. Несмотря на очевидные мощные геологические предпосылки, поисково-разведочные работы на глубокозалегающие палеозойские горизонты Сырдарьинского бассейна сопряжены с комплексным набором серьезных геологических и технологических рисков. Критическая экспертная оценка надежности имеющихся данных позволяет выделить следующие ключевые факторы неопределенности:

- Ограниченность сейсмического разрешения подсолевого комплекса: Наличие в юго-восточной части бассейна мощнейшей эвапоритовой толщи (соляной купол Арысь) создает колоссальный эффект акустического экрана. Сейсмическая энергия критически рассеивается в гомогенном соляном теле, что приводит к резкому падению соотношения сигнал/шум в целевых подсолевых отложениях. Исторические сейсмические профили 2D обладают недостаточной разрешающей способностью для достоверного геометрического картирования внутривосточных брахиантиклиналей и, тем более, малоразмерных рифовых построек на глубинах 4,5–6 километров. Существует риск ложной геологической интерпретации скоростных аномалий.

- Риск фазового состояния углеводородов: Экстремальные глубины залегания материнских свит и аномально высокие палеотемпературы указывают на то, что тяжелые жидкие углеводороды (нефть), скорее всего, подверглись тотальной термической деструкции (глубинному крекингу). Вероятность обнаружения коммерческих нефтяных оторочек минимальна; основным целевым продуктом гарантированно ожидается сухой газ (метан) с возможным нежелательным присутствием азота и сероводорода (из-за термохимического взаимодействия УВ с сульфатами и солью).

- Коллекторские риски на больших глубинах: Карбонатные отложения на глубинах более 4000 метров подвержены интенсивному литостатическому уплотнению, стилолитизации и вторичной минерализации. Практическое залечивание тектонических трещин вторичным кристаллическим кальцитом и ангидритом уже отмечалось при изучении ядра параметрической скважины 2-П. Геологическая успешность поисков критически зависит от обнаружения зон тектонической трещиноватости, защищенных от диагенетического цементирования, или зон гидротермального выщелачивания в рифовых фациях.

- Неопределенность архитектуры солеродного бассейна: Экстраполяция геологических данных единственной параметрической скважины 1-Г Арысь (вскры-

шей соль) на весь огромный бассейн несет высокие статистические риски. Границы распространения галогенной формации в Байркумском прогибе предполагаются исключительно по гравиметрическим минимумам.

Стратегия геологоразведочных работ и рекомендуемая программа. С учетом экстремальной геологической сложности, специфики галокинеза и значительных глубин целевых палеозойских горизонтов, практическая стратегия освоения углеводородного потенциала Сырдарьинского бассейна должна неукоснительно строиться на принципах строгой стадийности, синергетического комплексирования новейших геофизических методов и последовательного снижения финансовых рисков.

В качестве оптимального сценария предлагается научно обоснованная двухэтапная программа геологоразведочных работ:

I-я Очередь (Среднесрочная перспектива – региональное сейсмическое картирование): фокусируется на изучении потенциально высокопродуктивных зон с аргиллитовыми покрывками в Средне-Сырдарьинском прогибе.

1 - Проведение региональной широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-2D сверхвысокого разрешения по регулярной сети 20x20 км в объеме не менее 760 погонных километров на северной и северо-западной окраинах бассейна. Цель — прецизионное картирование депрессионных фаций девона-карбона и локальных ловушек.

2 - Глобальная ревизия и суперкомпьютерная переобработка всех исторических сейсмических данных с применением новейших математических процедур подавления кратных волн (SRME) и глубинной миграции до суммирования (Pre-Stack Depth Migration - PSDM) для радикального улучшения динамической картины в верхнепалеозойской части разреза.

3 - Бурение параметрической скважины проектной глубиной 5000 метров в Жаугашском прогибе северо-западной части бассейна для оценки детального изучения разреза современными методами.

II-я Очередь (Долгосрочная перспектива – локализация объектов и подготовка к поисковому бурению):

1 - Масштабная площадная сейсморазведка МОГТ-3D на наиболее перспективных локальных структурах и рифовых аномалиях, достоверно выявленных на предыдущих этапах.

2 - Интегральное бассейновое моделирование (PetroMod 1D, 2D, 3D) для ассимиляции геохимических данных, точного восстановления термической истории генерации, экспульсии и картирования критических путей миграции углеводородов.

3 - Постановка глубокого коммерческого поискового бурения на надежно подготовленные 3D сейсморазведкой подсолевые антиклинальные и стратиграфические ловушки.

Выделение наиболее перспективных зон. На основе глубокого комплексного структурно-формационного, гидрогеологического и геохимического анализа территория Сырдарьинского бассейна будет ранжирована по степени геологической перспективности.

Платформенный мезозойско-кайнозойский чехол на всей без исключения территории бассейна признается бесперспективным для поиска традиционных залежей

УВ из-за отсутствия надежных локальных флюидоупоров и тотальной инфильтрационной дегазации метеорными водами. Единственным локальным исключением может служить замкнутый Байркумский прогиб, где новыми сейсмическими данными прогнозируется локальное компенсационное увеличение мощности юрских отложений до 200–500 метров. При условии обогащенности этих осадков сапропелевым органическим веществом и изоляции от водоносных меловых горизонтов, здесь гипотетически возможно выявление небольших залежей углеводородов.

Предварительная оценка ресурсного потенциала.

Строгая количественная оценка начальных прогнозных ресурсов углеводородного сырья (УВС) квазиплатформенных отложений Сырдарьинского бассейна проведена классическим объемно-статистическим методом (модификация эмпирической формулы Л.Г. Уикса: $Q = q_v \times V$).

Данный методологический подход является наиболее адекватным и научно обоснованным для осадочных бассейнов начальной стадии изученности, где промышленная нефтегазоносность глубоких горизонтов еще не доказана (оценка по категории D2). Исходя из огромной площади развития палеозойских комплексов, их огромных средних толщин, геохимической насыщенности органическим веществом и наличия надежных флюидоупоров, общий углеводородный потенциал бассейна оценивается как весьма значительный. Бассейн дифференцирован на перспективные юго-восточную (площадью 42 500 кв. км) и северо-западную части (площадью 59 000 кв. км).

Таблица 3 – Расчетные объемы начальных прогнозных ресурсов углеводородов (категория D2)

Расчетный структурный участок	Площадь (кв. км)	Средняя мощность комплекса (км)	Объем комплекса (куб. км)	Объемная плотность ресурсов (т/куб. км)	Геологические ресурсы (млн т усл. топл.)	Извлекаемые ресурсы (млн т усл. топл.)
Юго-Восточная часть (Арысь, Байркум)	42 500	3,5	148 750	12 000	1 785,0	446,25
Северо-Западная часть (Жаугаш, Бердин)	59 000	2,7	159 300	12 000	1 911,6	477,90
ВСЕГО по бассейну	101 500	-	308 050	-	3 696,6	924,15

Геологическое примечание: Вышеуказанные ресурсы концептуально подсчитаны в миллионах тонн условного топлива без жесткой дифференциации на жидкие и газообразные УВ. Однако, принимая во внимание крайне высокую степень катагенеза палеозойского органического вещества (градиация АК), подавляющая часть этих извлекаемых ресурсов с вероятностью свыше 90% будет представлена природным газом.

Заключение и выводы

Сырдарьинский осадочный бассейн является крупнейшим, стратегически важным геологическим мегаблоком Туранской плиты. Его глубокозалегающий палеозойский квазиplatformенный комплекс таит в себе колоссальный, совершенно нетронутый углеводородный (преимущественно газовый) потенциал.


В результате выполненных рекомендаций по проведению региональной широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-2D сверхвысокого разрешения результирующие данные позволят:

Отстроить детальные структурные карты по основным отражающим горизонтам с выделением потенциальных ловушек структурного, стратиграфического и комбинированного типов, а также карбонатные постройки рифового типа.

Уточнить границы латерального распространения соленосной толщи серпуховско-башкирского возраста;

Выявить площади для проведения детальных геологоразведочных работ с применением высококонтрастных сейсмических интервалов и 3D-съемки в пределах наиболее перспективных структур;

Наметить расположение параметрических и поисково-разведочных скважин, с уточнением глубины их заложения для полного вскрытия перспективного палеозойского комплекса.

Положительные результаты по обнаружению новых объектов минерально-сырьевого комплекса в Сырдарьинском бассейне поднимут на новый уровень программу геологоразведочных работ для восполнения минерально-сырьевой базы. Полномасштабное освоение выявленных новых глубинных ресурсов способно оказать мощнейший мультипликативный эффект на индустриальное и энергетическое развитие южных регионов страны. 

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование:

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR27199165). «Научное обоснование расширения и восполнения минерально-сырьевой базы приоритетных и критически важных полезных ископаемых как основы инновационного развития Казахстана».

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулин А.А. Тектоническое районирование палеозойского фундамента Западного Казахстана по геолого-геофизическим данным // В кн. «К проблеме связи Урала и Тянь-Шаня» Алма-Ата, Наука КазССР, 1969. [Abdulin A.A. Tektonicheskoe rayonirovanie paleozoiskogo fundamenta Zapadnogo Kazakhstana po geologo-geofizicheskim dannym // V kn. «K probleme svyazi Urala i Tyan-Shanya» Alma-Ata, Nauka KazSSR, 1969.]
2. Абдуллин А.А., Цирельсон Б.С., Быкадоров В.А. и др. Тектоника области сочленения структур Урала, Тянь-Шаня и Центрального Казахстана // Алматы. Наука, 1976.

- с.238. [Abdullin A.A., Tsirelson B.S., Bykadorov V.A. i dr. Tektonika oblasti sochleneniya struktur Urala, Tian-Shanya i Tsentralnogo Kazakhstana // Almaty. Nauka, 1976. s.238]
3. Акчулаков У.А., Бигараев А.Б., Ажгалиев Д.К. Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан за 2009–2011 гг. Сырдарьинский бассейн. // Астана, 2012. [Akchulakov U.A., Bigaraev A.B., Azhgaliev D.K. Kompleksnoe izuchenie osadochnykh basseynov Respubliki Kazakhstan za 2009–2011 gg. Syrdarinskiy basseyn. // Astana, 2012.]
 4. Атлас литолого-палеогеографических, структурных и палинспастических геозологических карт Центральной Евразии // Отв. исполнитель Н.В.Милетенко, О.А.Федоренко. – Алматы, 2002. с.132. [Atlas litologo-paleogeograficheskikh, strukturnykh i palinospasticheskikh geologicheskikh kart Tsentralnoy Evrazii // Otv. ispolnitel N.V.Miletenko, O.A.Fedorenko. – Almaty, 2002. s.132]
 5. Аубекеров Б.Ж., Цирельсон Б.С., Быкадоров В.А., Попов А.А. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности мезозой-кайнозойских осадочных бассейнов Южного Казахстана. // Известия НАН РК, серия геология, 2010, №3, стр.136. [Aubekero B.Zh., Tsirelson B.S., Bykadorov V.A., Popov A.A. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i perspektivy neftegazonosnosti mezozoy-kaynozoyksikh osadochnykh basseynov Yuzhnogo Kazakhstana. // Izvestiya NAN RK, seriya geologiya, 2010, №3, str.136]
 6. Бекжанов Г.Р., Кунин Н.Я. К вопросу о сравнительной характеристике перспектив нефтегазоносности Чу-Сарысуской и Среднесырдарьинской депрессий. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности впадин Южного Казахстана. // Изд-во «Казахстан», Алма-Ата, 1968. [Bekzhanov G.R., Kunin N.Ya. K voprosu o sravnitel'noy kharakteristike perspektiv neftegazonosnosti Chu-Sarysuskoy i Srednesyrdarinskoy depressiy. Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonosnosti vpadin Yuzhnogo Kazakhstana. // Izd-vo «Kazakhstan», Alma-Ata, 1968.]
 7. Бигараев А. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности Сырдарьинского осадочного бассейна. // Диссертация. Ташкент, 2008. [Bigaraev A. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i perspektivy neftegazonosnosti Syrdarinskogo osadochnogo basseyna. // Dissertatsiya. Tashkent, 2008.]
 8. Быкадоров В.А., Сапожников Р.Б., Антипов М.П. Палеозойские отложения Сырдарьинской впадины: строение, геодинамика, оценка нефтегазоносности // Геология нефти и газа. 2016. №3. с.28-37. [Bykadorov V.A., Sapozhnikov R.B., Antipov M.P. Paleozoiskie otlozheniya Syrdarinskoy vpadiny: stroenie, geodinamika, otsenka neftegazonosnosti // Geologiya nefiti i gaza. 2016. №3. s.28-37]
 9. Быкадоров В.А., Антипов М.П., Ткачева А.А. Строение и нефтегазоносность фаменско-нижнекаменноугольных отложений Южного Зауралья (Кустанайская седловина) // Геология нефти и газа. №5. 2024. с.89-104. [Bykadorov V.A., Antipov M.P., Tkacheva A.A. Stroenie i neftegazonosnost famensko-nizhnekamennougolnykh otlozheniy Yuzhnogo Zauralya (Kustanayskaya sedlovina) // Geologiya nefiti i gaza. №5. 2024. s.89-104]
 10. Буш В.А., Гарецкий Р.Г., Кирюхин Л.Г. Субсеквентный вулканизм орогенного комплекса туранской плиты. Проблемы геологии Западного Казахстана. // Наука 1971. [Bush V.A., Garetskiy R.G., Kiryukhin L.G. Subsequentnyy vulkanizm orogennogo kompleksa turanskoj plyty. Problemy geologii Zapadnogo Kazakhstana. // Nauka, 1971.]
 11. Буш В.А., Кирюхин П.Г., Синицин Ф.Е. Тектоника Сырдарьинской синеклизы. // Бюллетень МОИП, отд. геология. т.XIV (5), 1970. [Bush V.A., Kiryukhin P.G., Sinitsin F.E. Tektonika Syrdarinskoy sineklizy. // Byulleten MOIP, otd. geologiya. t.XIV (5), 1970.]
 12. Вольвовский И.С., Гарецкий Р.Г., Шлезингер А.Е., Шрайбман В.Н. Тектоника Туранской плиты. // Наука, М. 1966. [Volvovskiy I.S., Garetskiy R.G., Shlezinger A.E., Shraybman V.N. Tektonika Turanskoy plyty. // Nauka, M., 1966.]

13. Волож Ю.А., Быкадоров В. А., Антипов М.П., Сапожников Р.Б. Особенности строения палеозойских отложений Тургайско-Сырдарьинского и Устюртского регионов (в связи с перспективами нефтегазоносности глубоких горизонтов осадочного чехла) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. [Volozh Yu.A., Bykadorov V.A., Antipov M.P., Sapozhnikov R.B. Osobennosti stroeniya paleozoiskikh otlozheniy Turgaysko-Syrdarinskogo i Ustyurtskogo regionov (v svyazi s perspektivami neftegazonosnosti glubokikh gorizontov osadochnogo chekhla) // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2016.]
14. Гарецкий Р.Г., Шрайбман В.И. Глубина залегания и строение складчатого фундамента северной части Туранской плиты (Западный Казахстан). Издательство АН СССР, М., 1960. [Garetskiy R.G., Shraybman V.I. Glubina zaleganiya i stroenie skladchatogo fundamenta severnoy chasti Turanskoj plity (Zapadnyy Kazakhstan). Izdatelstvo AN SSSR, M., 1960.]
15. Геология и полезных ископаемые Республики Узбекистан. Под редакцией Т.Ш.Шаякубаева и Т.Н.Далимова. // Университет, Ташкент, 1998. [Geologiya i poleznykh iskopaemykh Respubliki Uzbekistan. Pod redaktsii T.Sh.Shayakubaeva i T.N.Dalimova. // Universitet, Tashkent, 1998.]
16. Геология и металлогения Каратау. Под редакцией А.А.Абдуллина, Н.Ф.Никитин и др. // Алма-Ата, Наука, 1986. [Geologiya i metallogeniya Karatau. Pod redaktsii A.A.Abdullina, N.F.Nikitin i dr. // Alma-Ata, Nauka, 1986.]
17. Дикенштейн Г.Х., Загоруйков В.А., Синицин Ф.Е., Перспективы нефтегазоносности Кызылкумов. // Советская геология, 1964, №5. [Dikenshteyn G.Kh., Zagoruiikov V.A., Sinitsin F.E. Perspektivy neftegazonosnosti Kyzylkumov. // Sovetskaya geologiya, 1964, №5.]
18. Джансейтов Н.С., Ляхницкая Е.Г., Гульницкий Л.Н. Комплексные геолого-геофизические исследования по опорным региональным профилям (Геотраверсы IX–X) в Сырдарьинском осадочном бассейне – 2 геотраверса. // Алматы. 2017. [Dzhanseytov N.S., Lyakhnitskaya E.G., Gulnitskiy L.N. Kompleksnyye geologo-geofizicheskie issledovaniya po opornym regionalnym profilyam (Geotraversy IX–X) v Syrdarinskoy osadochnom basseynе – 2 geotraversa. // Almaty. 2017.]
19. Давыдов Н. Г. Геолого-геофизическое моделирование и перспективы нефтегазоносности Сырдарьинского бассейна Казахстана // Геология и охраны недр. 2004. №3. с.21-25. [Davydov N.G. Geologo-geofizicheskoye modelirovaniye i perspektivy neftegazonosnosti Syrdarinskogo basseyna Kazakhstana // Geologiya i okhrany neдр. 2004. №3. s.21-25.]
20. Жолтаев Г.Ж. Геодинамические модели и нефтегазоносности палеозойских осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана. // Диссертация. М -1992. [Zholtaev G.Zh. Geodinamicheskie modeli i neftegazonosnosti paleozoiskikh osadochnykh basseynov Zapadnogo i Yuzhnogo Kazakhstana. // Dissertatsiya. M., 1992.]
21. Жолтаев Г.Ж., Налибаев М.И. Геодинамическая модель и перспективы нефтегазоносности Северо-Торгайского бассейна // Изв. НАН Казахстана, сер. Геология и техн. н. 2018. № 3. с.290-299. [Zholtaev G.Zh., Nalibaev M.I. Geodinamicheskaya model i perspektivy neftegazonosnosti Severo-Torgayskogo basseyna // Izv. NAN Kazakhstana, ser. Geologiya i tekhnich. n. 2018. №3. s.290-299.]
22. Жолтаев Г.Ж., Мусина Э. С., Фазылов Е.М. Отложения верхнего палеозоя Сырдарьинского осадочного бассейна – перспективный объект для поисков месторождений нефти и газа. // Материалы международной научной конференции. Lesson Press. Ташкент. 2020. с.198-202. [Zholtaev G.Zh., Musina E.S., Fazylov E.M. Otlozheniya verkhnego paleozoya Syrdarinskogo osadochnogo basseyna – perspektivnyy obekt dlya poiskov mestorozhdeniy nefiti i gaza. // Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Lesson Press. Tashkent. 2020. s.198-202.]

23. Захаров А. М. Структурно-фациальная зональность западной части Тургайского прогиба // Изв. АН Каз. ССР, сер. Геол. 1977, № 1 с.13-21. [Zakharov A.M. Strukturno-fatsialnaya zonalnost zapadnoy chasti Turgayskogo progiba // Izv. AN Kaz. SSR, ser. Geol. 1977, №1. s.13-21.]
24. Каршиев О.А., Джалилов Г. Г., Ахмедова Д.А. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности южной части Сырдарьинской депрессии. // Цифровые технологии в промышленности. Vol.2, №4. 2024. [Karshiev O.A., Dzhalilov G.G., Akhmedova D.A. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i perspektivy neftegazonosnosti yuzhnoy chasti Syrdarinskoy depressii. // Tsifrovyye tekhnologii v promyshlennosti. Vol.2, №4. 2024.]
25. Кунин Н.Я. Тектоника Среднесырдарьинской и Чу-Сарысуской депрессий по геофизическим данным. // Недра, 1968. [Kunin N.Ya. Tektonika Srednesyrdarinskoy i Chu-Sarysuskoj depressiy po geofizicheskim dannym. // Nedra, 1968.]
26. Кунин Н.Я., Дитмар В.Н. Выделение тектонических нарушений и блоков по геодинамическим данным в нефтегазоперспективных впадинах Южного Казахстана. Тектоника и нефтегазоносных впадин Средней Азии и Казахстана. // Наука. М -1967. [Kunin N.Ya., Ditmar V.N. Vydelenie tektonicheskikh narusheniy i blokov po geodinamicheskim dannym v neftegazoperspektivnykh vpadinakh Yuzhnogo Kazakhstana. Tektonika i neftegazonosnykh vpadin Sredney Azii i Kazakhstana. // Nauka. M., 1967.]
27. Клубов А.А. Геология и нефтегазоносность Тургайского прогиба // Л.: Недра, 1973. с.151. [Klubov A.A. Geologiya i neftegazonosnost Turgayskogo progiba // L.: Nedra, 1973. s.151.]
28. Ли А. Б. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Южного Казахстана. // Наука, Алма-Ата, 1971. [Li A.B. Tektonika i perspektivy neftegazonosnosti Yuzhnogo Kazakhstana. // Nauka, Alma-Ata, 1971.]
29. Нукенов М.К., Болат Е. Строение и перспективы нефтегазоносности Нижнесырдарьинского свода в зоне сочленения с Южно-Торгайским бассейном // Известия НАН РК. Сер. геол. и техн. наук. 2015. №4. с.43-52. [Nukenov M.K., Bolat E. Stroenie i perspektivy neftegazonosnosti Nizhnesyrdarinskogo svoda v zone sochleneniya s Yuzhno-Torgayskim basseynom // Izvestiya NAN RK. Ser. geol. i tekhn. nauk. 2015. №4. s.43-52.]
30. Парагульгов Т.Х., Парагульгов Х.Х. Историко-генетические основы нефтегазоносности осадочных бассейнов Казахстана. // Нефть и газ, 2007, №5. [Paragulgov T.Kh., Paragulgov Kh.Kh. Istoriko-geneticheskie osnovy neftegazonosnosti osadochnykh basseynov Kazakhstana. // Neft i gaz, 2007, №5.]
31. Парагульгов Т.Х., Парагульгов Х.Х., Фазылов Е. М., Шабалина Л. В. Торгайско-Сырдарьинский район – эволюция глубинного строения и проблемы минерации. // Известия НАН РК, серия геология и технических наук, 2013, №2 (398). [Paragulgov T.Kh., Paragulgov Kh.Kh., Fazylov E.M., Shabalina L.V. Torgaysko-Syrdarinskiy rayon – evolyutsiya glubinnogo stroeniya i problemy mineratsii. // Izvestiya NAN RK, seriya geologiya i tekhnicheskikh nauk, 2013, №2 (398).]
32. Парагульгов Х.Х., Абидов А.А., Бигараев А.Б., Парагульгов Т.Х. Перспективы нефтегазоносности девонских отложений Торгайского прогиба, Шу-Сарысуской и Кызылкумской впадин. // Нефть и газ. 2025. [Paragulgov Kh.Kh., Abidov A.A., Bigaraev A.B., Paragulgov T.Kh. Perspektivy neftegazonosnosti devonskikh otlozheniy Torgayskogo progiba, Shu-Sarysuyskoj i Kyzylkumskoy vpadin. // Neft i gaz. 2025.]
33. Региональные геолого-геофизические исследования в Шу-Сарысуском осадочном бассейне по региональному профилю (1 Геотраверс) в 2020–2022 гг. // ТОО Азимут Геология, Алматы, 2022. [Regionalnye geologo-geofizicheskie issledovaniya v Shu-Sarysuyskom osadochnom basseyne po regionalnomu profilyu (1 Geotravers) v 2020–2022 gg. // TOO Azimut Geologiya, Almaty, 2022.]