

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/10_2019

УДК 553.98.041:550.812(575.172)

Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйдельмант Н.К.Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений (АО «ИГИРНИГМ»), Ташкент, Республика Узбекистан, igirnigm@ing.uz

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ В УСТЮРТСКОМ РЕГИОНЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Устюртский регион является одним из основных нефтегазоносных регионов в Узбекистане. Представлены общий обзор по региону, история геолого-геофизической изученности, литолого-стратиграфическая характеристика разрезов, их полнота, тектоническое строение, нефтегазоносность. Показаны стратиграфическая и тектоническая приуроченность месторождений, их фазовый состав. Рассмотрены история освоения региона, результаты геологоразведочных работ в регионе, в том числе проводимыми инвесторами, количество открытых месторождений, их ранжирование по типам флюидов, степени освоения. Выделены приоритетные стратиграфические комплексы пород и территории для дальнейших геологоразведочных работ. Нефтегазоперспективы региона обосновываются малой освоенностью начальных суммарных извлекаемых ресурсов и наличием значительного фонда перспективных ловушек. Приведены прогнозные ресурсы углеводородного сырья по стратиграфическим комплексам: верхнеюрского, среднеюрского, нижнеюрского и палеозойского возрастов, что свидетельствует о высоком углеводородном потенциале и целесообразности проведения дальнейших геологоразведочных работ на нефть и газ в Устюртском регионе Республики Узбекистан.

Ключевые слова: геологоразведочные работы, нефть, газ, месторождения, перспективы нефтегазоносности, юра, палеозой, Устюртский регион, Узбекистан.

Введение

Территория Устюрта располагается в пределах республик Узбекистан, Казахстан и Туркменистан. В пределах Устюртского региона Республики Узбекистан выделяются три различных, отличающихся друг от друга, ландшафта: плато Устюрт, Южное Приаралье и Аральское море.

Плато Устюрт представляет собой плоскую, малорасчлененную равнину, расположенную в пределах абсолютных высот 150-260 м. Широкий и плоский вал, являющийся продолжением мангышлакских возвышенностей, называемый Карабаурским, занимает центральную часть Устюрта и протягивается на 200 км. К северу от Карабаура находится крупная впадина Барсакельмес. Южнее Карабаура расположена впадина Ассакеаудан, постепенно сочленяющаяся с Туаркырской зоной поднятий. На севере Устюрта расположены Косбулакская и Самская впадины, которые к югу граничат с зоной Актумсукского поднятия, сочленяющегося на юге с Барсакельмесским прогибом.

Вся поверхность плато Устюрт сложена преимущественно морскими неогеновыми (сарматскими) карбонатными породами. С начала своего континентального развития эта территория не подвергалась воздействию водотоков, пустынная обстановка с резко выраженным субэральным режимом слабо сказалась на формировании рельефа. Наибольшие изменения первоначального характера рельефа выразились в создании плоских и неглубоких бессточных впадин типа Барсакельмес, Ассакеаудан, Сарыкамыш, относительная глубина которых составляет 50-100 м.

Южное Приаралье является пониженной частью региона с абсолютной отметкой 50-100 м, занятой дельтовыми осадками р. Амударья, представленными четвертичными песчаниками, алевролитами и глинами. Южное Приаралье с запада ограничено отвесными уступами, т.е. чинками плато Устюрт, возвышающегося над низменностью на 80-100 м. На севере Южное Приаралье сочленялось с берегом Аральского моря, который в настоящее время продвинулся на 80-100 км от первоначального положения. В пределах Южного Приаралья имеются цепочка меловых возвышенностей Муйнак, Кызылжар, Ходжейли, которые имеют свое продолжение на севере в виде островов Возрождения, Комсомольского и Лазарева, а на юге - хребет Султанувайс. На юго-востоке Южное Приаралье постепенно переходит в Кызылкумы (рис. 1).

В пределах рассматриваемого региона достаточно развита сеть инфраструктуры. Через Южное Приаралье и плато Устюрт проложен газопровод Бухара-Урал длиной 395 км, от южных границ Устюрта до железнодорожной станции Каракалпакия - газопровод Средняя Азия - Центр протяженностью 330 км, от месторождения Шахпахты до станции Каракалпакия - линия газопровода длиной 230 км.

По территории региона проходит железнодорожная линия Кунград-Каракалпакия протяженностью 420 км, а также водопровод длиной 390 км от г. Кунграда до ст. Тулей, расположенные в пределах центральной части Устюрта, и ЛЭП длиной 290 км.

Аральское море является внутриконтинентальным водоемом, который находится в пределах Республик Узбекистан и Казахстан и расположен на северо-западе Туранской низменности на высоте 31 м над уровнем океана. Основными водными артериями, питающими море, являются рр. Амударья и Сырдарья. До 1960 г. Аральское море представляло собой достаточно стабильный водный бассейн с вековыми колебаниями уровня воды в пределах ± 3 м и сезонными ± 25 см.

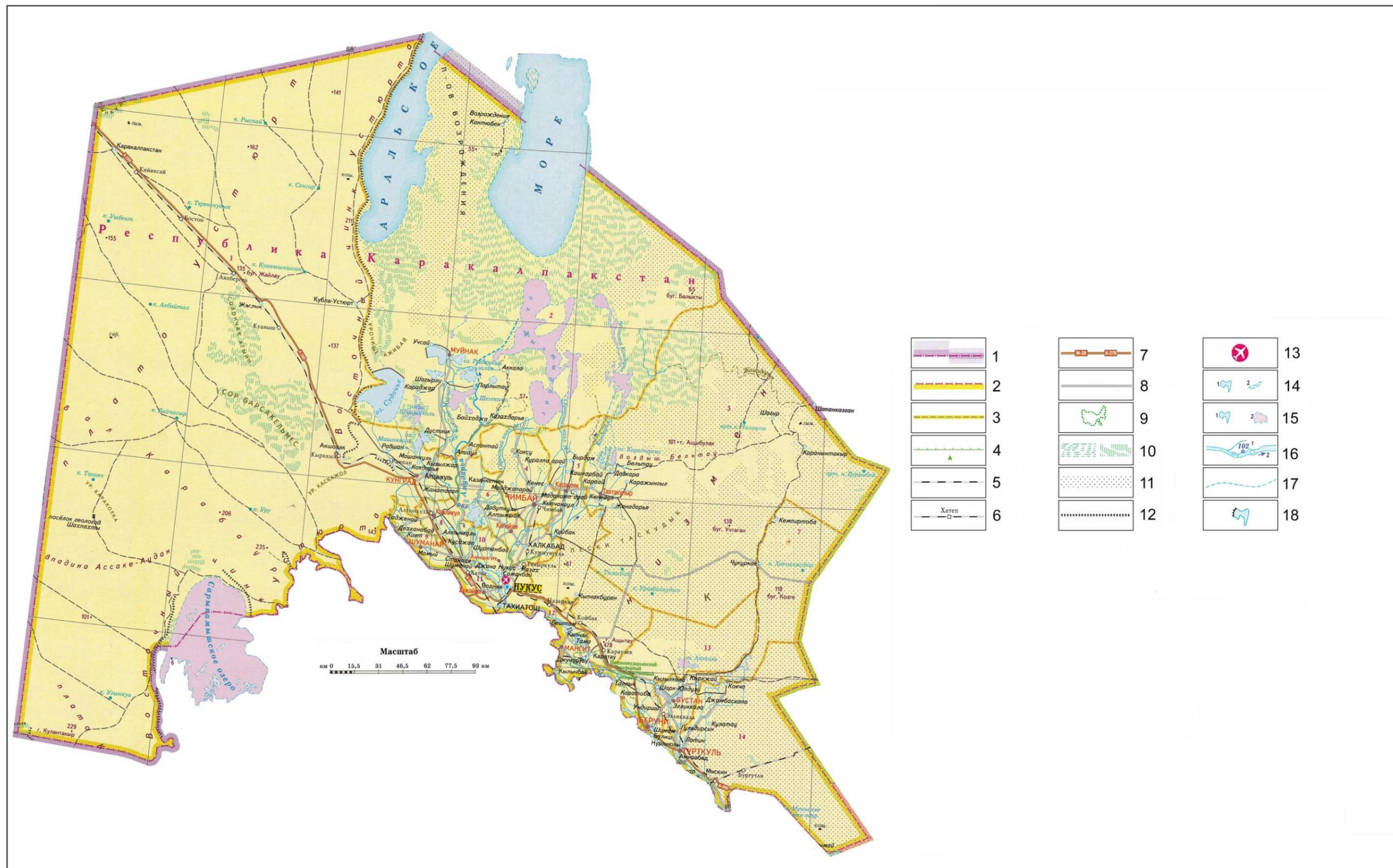


Рис. 1. Административная карта Уstyуртского региона

1 - государственная граница Республики Узбекистан, 2 - граница Республики Каракалпакстан, 3 - границы районов, 4 - границы государственных заповедников, национальных природных парков, 5 - железные дороги, 6 - железнодорожные станции, развязки и их названия, 7 - автомобильные дороги международного значения и их номера, 8 - автомобильные дороги республиканского значения на территории Узбекистана и главные на зарубежной территории, 9 - леса, 10 - болота и солончаки, 11 - пески, 12 - Чинк Уstyурта, 13 - международный аэропорт, 14 - береговая линия моря, озёр и водохранилищ: 1 - постоянная и определенная; 2 - непостоянная и неопределенная; 15 - озёра, водохранилища: 1 - пресные; 2 - солёные; 16 - реки постоянные: 1 - урезы воды и их отметки; 2 - стрелки направления течения рек; 17 - реки пересыхающие, 18 - плотины.

Акватория Аральского моря на западе ограничена чинком Устюрта, возвышающимся над уровнем Арала на 100-200 м, на юге располагается равнинное пространство современной и древней дельты Амударьи, на востоке Аральское море граничит с Кызылкумами - пустынной равниной, с уклоном в сторону моря, на севере - барханными песками предгорий Мугоджар. Крутой и обрывистый западный берег Аральского моря отличается прямолинейностью, северный берег - большей изрезанностью, восточный берег - пологий с многочисленными заливчиками типа Жылтырбас.

Акватория Арала делится на два бассейна: северная часть, отделяемая от южной, п-вом Кокарал и устьями р. Сырдарья, называется малым морем, а остальная - большим.

Аральское море в меридиональном направлении пересекается крупным валом тектонического происхождения, протягивающимся от п-ва Муйнак через о-ва Лазарева, Возрождения, Комсомольского и п-ва Куланды, делившим море на две неровные части: меньшую - западную глубоководную и восточную - большую мелководную.

Гидрологический режим до последнего времени зависел от режима питающих его рр. Амударьи и Сырдарьи, а водный баланс - от количества поступающей воды (стока рек, атмосферных осадков, подземных вод и расходов на испарение).

До 1961 г. реки приносили в море $54,8 \text{ км}^3$ воды с атмосферными осадками - 59 км^3 . Всего вместе с подземными стоками в море ежегодно поступало $64,9 \text{ км}^3$, столько же испарялось. За последние 42 года (с 1960 по 2004 гг.) уровень Арала снизился на 23 м (в 1960 г. - 53,4 м, в 1971 г. - 51 м, в 1981 г. - 45 м, в 1991 г. - 37 м, в 2001 г. - 33 м, в 2002 г. - 32 м, в 2004 г. - 30,4 м). Объем воды моря в настоящее время в пределах зеркала вод составляет 92 км^3 против 1079 км^3 в 1961 г., то есть уменьшился в 11,7 раз, площадь зеркала - в 8,3 раза, то есть с 68,5 до 8,3 тыс. км^2 (рис. 2).

В связи со снижением уровня моря также понизился уровень грунтовых вод. На осушенной поверхности развиваются типичные пустынные ландшафты с засоленными грунтами и подвижными барханными песками, то есть усиленно продолжается процесс опустынивания территории.

Существенные изменения произошли в конфигурации водоема и его берегов. В результате усыхания восточного мелководья исчезли многочисленные глубоко вдающиеся в континент архипелаги и заливы. Береговая линия Арала значительно выпрямилась, водоем лишился своих многочисленных мелких озер. Соленость в море повысилась с 12 до 30 г/л. Объем воды уменьшился в три раза, р. Сырдарья уже более 30 лет не поставляет в море воду, а Амударья - только периодически.

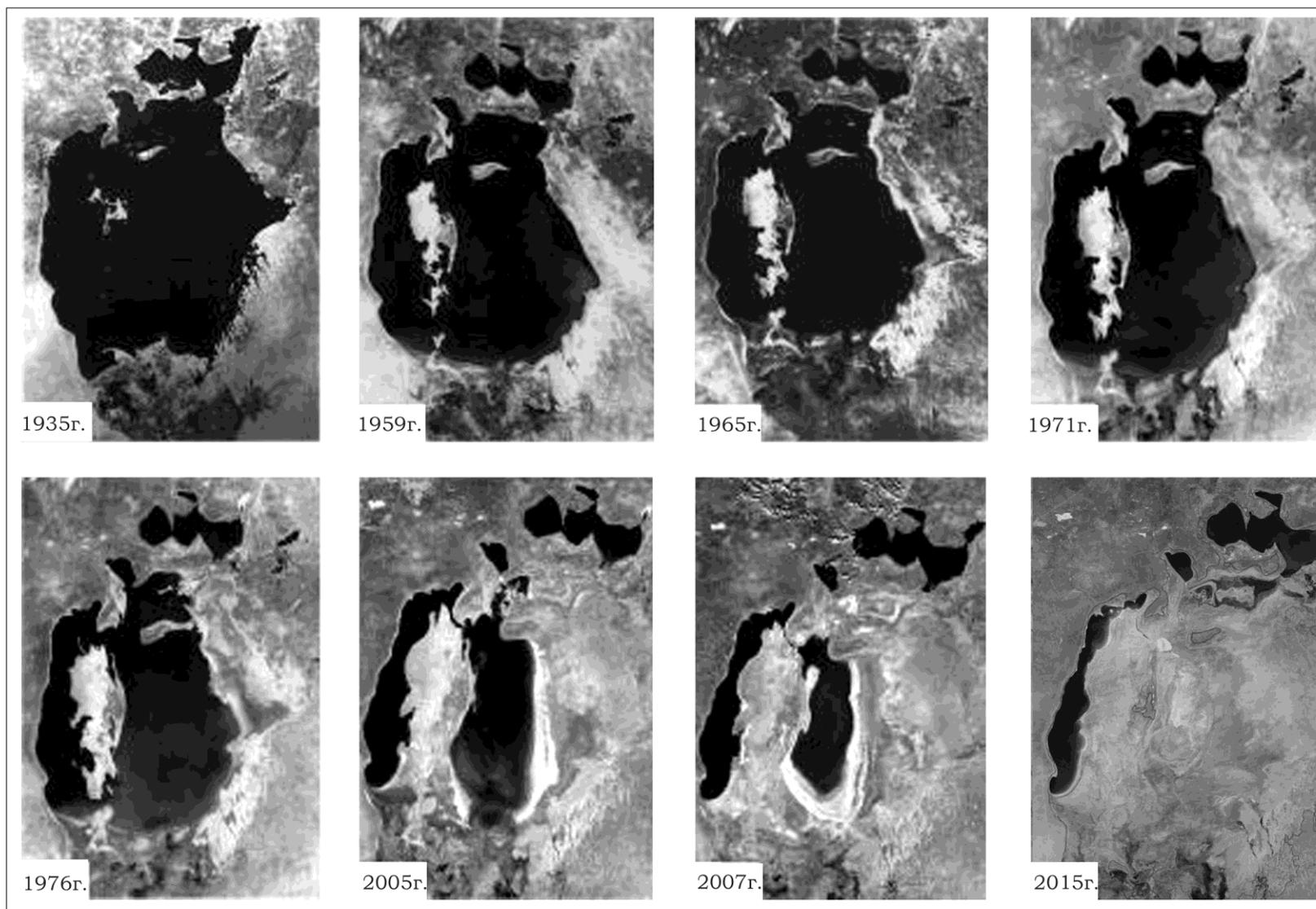


Рис. 2. Космоснимки динамики изменения Аральского моря

Катастрофическое усыхание Аральского моря, дельт рр. Амударьи и Сырдарьи, их засоление обусловило деградацию экосистемы моря и Приаралья. Прогрессирующее современное опустынивание сопровождается природными последствиями, накоплением солево-пылевых частиц в культурных зонах эоловым путем далеко за пределами Арала.

Первые научные исследования Устюртского региона начаты еще в XIX веке. Работы А.Ф. Гумбольдта (1843 г.), И.А. Северцева (1857 г.), М.Н. Богданова (1875 г.), Барбот де Марни (1875-1904 гг.) и многих других носили описательный характер и в настоящее время представляют исторический интерес [Акрамходжаев и др., 1967]. Работы И.В. Мушкетова, А.Н. Карпинского, А.Д. Архангельского, О.С. Вялова, И.П. Герасимова, П.К. Чихачева, С.А. Кушнаря, М.Н. Грамма, Ю.А. Скворцова и многих других ученых дают довольно полное представление о геологии, гидрогеологии, тектонике и стратиграфии этого региона. Дальнейшие исследования (1959-1997 гг.) связаны с геологической съемкой (масштаб 1:200000), по результатам которой составлена государственная геологическая карта (масштаб 1:1000000) с запиской, обобщающей весь накопленный фактический материал по стратиграфии, тектонике, геоморфологии, гидрогеологии, истории геологического развития, полезным ископаемым.

Изучение глубинного строения Устюртского региона с целью определения перспектив нефтегазоносности и поисков промышленных скоплений УВ началось в 1960 г. Целевыми поисковыми объектами являлись меловые и верхнеюрские отложения. С середины 70-х гг. с внедрением сейсморазведочных исследований методом ОГТ появилась возможность подготовки нефтегазоперспективных объектов по нижне-среднеюрским, а с 90-х гг. - палеозойским горизонтам. В 1956-57 гг. выполнена аэромагнитная съёмка Туранской низменности (масштаб 1:200000), в 1967 г. - более детальные магнитометрические исследования, на основе результатов которых составлена сводная карта магнитного поля. В настоящее время издана карта аномального магнитного поля всего Узбекистана. Материалы этих исследований позволили изучить строение фундамента, крупные структурные элементы которого находят свое отображение в виде соответствующих аномалий.

Гравиметрические исследования начаты в 1935 г., в период 1957-2002 гг. выполнялась кондиционная гравиметрическая съёмка. В 1989 г. издана гравиметрическая карта масштаба 1:200000 всей территории региона, результаты которой легли в основу различных схем тектонического районирования, по которым уточнены гравиактивные поверхности, выявлены положительные локальные элементы, связываемые с нефтегазоперспективными объектами, протрассированы зоны региональных нарушений.

Электроразведочные работы на территории региона начаты в 1957 г. (модификации ВЭЗ, ТТ, ТЗ), планомерное изучение электрических полей (модификации ДЭЗ, ЗС, ГТ, ЗСМ,

МТЗ, МТП, ГМТЗ) проводилось с 1962 г. с целью уточнения существующих представлений о глубинном геологическом строении. В последующие годы они стали носить поисковый характер с использованием цифровых станций и новейших программ автоматической обработки на ЭВМ в комплексе с сейморазведочными исследованиями МОГТ с целью выявления аномалий типа залежь (АТЗ) и оценки нефтегазоперспективности подготавливаемых к бурению структур и картирования неглубоко залегающей поверхности палеозоя.

Сейсмические исследования в этом регионе начаты в 60-х гг. прошлого столетия. На первом этапе выполнено глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ) и корреляционный метод преломленных волн (КМПВ), в результате которых получены данные о строении фундамента и уточнено строение тектонических элементов региона, выделены и протрассированы крупные разломы зоны предполагаемого развития известняков позднепалеозойского возраста. С 1962 по 1972 гг. проведены исследования методом МОВ с целью детализации строения осадочного чехла и изучения поверхности доюрских отложений.

В 1974 г. начались морские сейсмические исследования МОГТ в пределах акватории Аральского моря, в результате которых в этом районе отмечено выклинивание перм-триасовых отложений. В 1985 г. проведены планомерные сейсмические исследования методом ОГТ. На первом этапе выполнены региональные исследования в пределах крупных тектонических элементов – Куаныш-Коскалинского вала, Барсакельмесского, Судочьего и Ассакеауданского прогибов, в результате выделена зона развития известняков верхнего палеозоя, и изучен характер тектонических нарушений, построены разрезы консолидированной коры до поверхности Мохо. Установлено, что погружения поверхности фундамента соответствуют поднятиям поверхности мантии. С 1965 г. в регионе проводились сейсмические исследования в глубоких скважинах (СК, АК, ВСП, ВСП ПГР). Сейсмические исследования МОГТ оказались более успешными в прослеживании отражения от поверхности юрских и внутриюрских отложений. Этим методом подготовлены и переданы в бурение более 150 структур по юрским отложениям.

В 2006-2009 гг. в пределах Устюртского региона на 7 инвестиционных блоках ЗАО «Газпром Зарубежнефтегаз» проведена гравимагнитная оценка в труднодоступном районе шора Барсакельмес, обработаны аэрокосмические материалы, переобработаны ранее проведенные сейморазведочные работы, выполнены сейморазведочные работы МОГТ-2Д и 3Д – региональные, поисково-детальные, и глубокое поисково-разведочное бурение. В результате этих исследований получена новая информация, позволяющая детализировать тектоническое и геологическое строение Устюртского региона [Гафаров и др., 2010].

С 2000 по 2009 гг. в ОАО «Регионалгеология» (Государственный комитет Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам) в пределах Устюртского региона выполнялось космофотогеологическое картирование, по результатам которого с привлечением материалов комплексной интерпретации геолого-геофизических, морфометрических исследований и бурения установлены особенности глубинного геологического строения территории региона, обосновано выделение многочисленных перспективных участков на поиски углеводородов (УВ) в мезозойском и палеозойском комплексах пород.

В 1960 г. началось освоение Устюртского региона глубоким бурением, результаты которого показали несовпадение структурных планов меловых, верхнеюрских и более глубокозалегающих горизонтов, что приводило к неподтверждению структурных планов, выявленных геофизическими методами [Хегай, Юлдашева, 2009]. В результате этого заложение глубоких скважин происходило в неоптимальных условиях, и перспективы многих площадей оказались невыясненными. К настоящему времени в регионе пробурено более 300 скважин (параметрических, опорных, поисковых, разведочных и профильных).

Основной объём бурения приходится на Куаныш-Коскалинский вал и Судочий прогиб.

Литолого-стратиграфическая характеристика разреза

По геологическому строению и тектоническим особенностям в пределах Устюртского региона выделяются Северо-Устюртская и Южно-Мангышлак-Устюртская синеклизы, разделяющиеся Центрально-Устюртской системой поднятий, и Араломорская впадина, геологические разрезы которых различаются полнотой стратиграфических подразделений и их мощностью. В районе скв. 1 Кассарма на дневной поверхности узкой полосой вдоль Восточного Чинка обнажаются меловые отложения. Наиболее полные разрезы, начиная с протерозоя, вскрываются глубокими скважинами.

Протерозой

Протерозойские отложения вскрыты на площадях Башчуак, Восточный и Северный Караумбет, Коскала, Кырккыз, Мончаклы, Чибелли, Восточный Каракудук и представлены интенсивно преобразованными породами: сланцами хлорит-альбит-цоизитового состава с турмалином, амфиболом и графитом, кварц-амфибол-слюдистыми, кварц-биотит-актинолитовыми и другими сланцами, образовавшимися при метаморфизме кислых и основных магматических и осадочных пород, ортосланцами полевошпатово-слюдисто-хлоритовыми, окварцованными и карбонатизированными, метасоматически изменёнными. В единичных скважинах вскрыты гранодиориты.

Палеозойская эратема

В пределах региона скважинами вскрыты отложения среднего и верхнего палеозоя.

Отложения среднего палеозоя предположительно силур-нижне-среднедевонского возраста - в пределах Актумсукской, Центрально-Устюртской систем дислокаций, на отдельных площадях Куаныш-Коскалинского вала (Байтерек, Кырк-Кыз, Кохбахты, Мурун и др.). Представлены темно-серыми и черными аргиллитами, алевролитами, песчаниками, известняками, доломитами, туфами и туффитами, реже диабазовыми порфиритами. Породы интенсивно трещиноватые, трещины разнонаправленные, полости их выполнены кремнистым, карбонатным материалом, реже пиритом и галенитом. Возраст их определен как силур - девонский.

Верхнепалеозойский комплекс пород в пределах региона вскрыт скважинами в объеме нижнекаменноугольных, среднекаменноугольных, верхнекаменноугольных-нижнепермских и пермо-триасовых образований. Принимая во внимание геологическую историю развития региона, начиная с девонского периода, ознаменовавшегося длительным опусканием территории всей Туранской плиты и началом накопления карбонатных отложений, многие исследователи условно принимают возраст карбонатных отложений, вскрытых многочисленными скважинами на площадях Абадан, Муйнак, Куаныш, Мурун, Чибины, Центральный Кушкаир, Акчалак, Западный Барсакельмес, Каракудук и др. как верхнедевон-нижнекаменноугольный.

Верхнедевон-нижнекаменноугольные отложения по литологическим признакам условно разделяются на три пачки (снизу-вверх): в подошве разреза лежит пачка черных и темно-серых известняков с прослоями аргиллитов, песчаников и реже алевролитов с включениями микрофауны и растительных остатков; разрез второй пачки сложен кристаллозернистыми и скрытокристаллическими известняками с обильными включениями органических остатков нижнекаменноугольного возраста; третья пачка представлена органогенными и органогенно-обломочными известняками с улучшенными коллекторскими свойствами. Приуроченность коллекторов отмечается к зонам кор выветривания и глубинных разломов.

Среднекаменноугольные отложения с размывом и угловым несогласием залегают на нижнекаменноугольных образованиях. Вскрыты они на площадях Акманказган и Приозерная и представлены переслаивающимися темно-серыми алевролитами, аргиллитами, известняками.

Верхнекаменноугольно-нижнепермские отложения являются региональными для Устюртского региона. Разрез их сложен в нижней секции аргиллитами, алевролитами с прослоями карбонатных пород, сформировавшимися в восстановительной обстановке.

Верхняя секция разреза сложена туфокластическими и эффузивными породами. Они вскрыты скважинами на площадях Абадан, Акчалак, Восточный Аламбек, Южный Куаныш, Байтерек, Сарытекиз, Шорджа, Коссор, Киндыксай и др. Максимальная мощность - 880 м.

Верхнепермские отложения выделяются в единой с триасовыми отложениями толще. Они со стратиграфическим и угловым несогласием залегают на различных по возрасту отложениях палеозоя. Вскрыты многими глубокими скважинами на площадях почти всего Устюртского региона, представлены комплексом осадочных и эффузивно-осадочных образований - конглобрекчий, алевролитов и аргиллитов. Мощность отложений - от 0 м до 1232 м.

Мезозойская эратема

Представлена в объёме юрской и меловой систем.

Юрская система

В разрезах юрской системы выделяются ниже-, средне- и верхнеюрские образования. Отложения юры с резким угловым несогласием залегают на размытой поверхности палеозойских и пермо-триасовых пород. Стратиграфическая полнота и мощности юрских отложений обусловлены их приуроченностью к разным тектоническим элементам. В пределах поднятий они значительно меньше, чем в зонах прогибов. Стратификация юрских отложений выполнена, в основном, по литологическим признакам, с привлечением материалов ГИС, по мере наличия, контролируется органическими остатками (преимущественно споро-пыльцевыми комплексами).

Нижнеюрские отложения вскрыты многочисленными глубокими скважинами в пределах региона. Отсутствие их зафиксировано в пределах Актумсукской и Центрально-Устюртской систем дислокаций и южной части Араломорской впадины. Наиболее полные разрезы приурочены к Судочьему прогибу (Бердах). Разрезы нижней юры сложены терригенными образованиями, в нижней секции более грубозернистыми, в верхней более тонкозернистыми, представленными, в основном, песчаниками, алевролитами с прослоями гравелитов и аргиллитов, с включением обугленного растительного детрита. Мощности нижнеюрских отложений варьируют от 0 до 1700 м [Юлдашева, Евсеева, Каршиев, 2016; Хегай, Юлдашева, 2009].

Среднеюрские отложения представлены в объёме аален-байосского, батского и келловейского ярусов. Разрезы их сложены терригенной толщей переслаивания песчано-алеврорито-глинистых пород аллювиального и озерно-болотного (аален-байос) континентального генезиса, переходящего в мелководноморской (бат-келловей). Отложения насыщены углефицированными растительными остатками, для пород аален-байосского возраста характерны тонкие прослои угля. Среднеюрский возраст их подтверждается

палинологическими заключениями споро-пыльцевых комплексов. Наиболее полные разрезы средней юры вскрываются в пределах Судочьего прогиба. Мощности отложений варьируют от 277 м до 1100 м.

Средне-верхнеюрские образования, согласно залегающие на породах среднеюрского возраста, вскрыты всеми глубокими скважинами и представлены в объёме келловей-оксфордского и кимеридж-титонского ярусов. Образование этих отложений происходило в условиях мелководного бассейна при максимальной трансгрессии.

Келловей-оксфордский разрез сложен преимущественно глинами с прослоями алевролитов и песчаников. Породы зеленовато-серой окраски. Возраст их установлен на основании палинологических заключений.

Породы, слагающие кимеридж-титонский разрез без видимого углового несогласия, но с размывом залегают на отложениях келловей-оксфорда. Разрез представлен известняками органогенно-детритусовой и оолитовой структуры с прослоями доломитов, известковистых песчаников и глин. Возраст их определен по остаткам пелеципод и остракод как титонский.

Максимальная общая мощность юрских отложений достигает 2900 м.

Меловые отложения

Имеют повсеместное распространение и представлены в объёме нижнего и верхнего отделов. На подстилающих образованиях залегают с размывом.

В разрезах нижнего мела выделяются две толщи: красноцветная - неокомского и сероцветная - аптского и альбского возрастов. В подошве разреза неокомского надъяруса выделяется пачка сероцветных глин с прослоями алевролитов и песчаников. Вверх по разрезу породы сменяются переслаивающимися песчаниками, глинами, алевролитами красно-бурой и пятнистой окраски. Общая мощность нижнемеловых отложений изменяется в широком диапазоне: от 600 до более 1000 м.

Разрезы верхнего мела сложены породами морского генезиса. По литолого-фаціальным особенностям в разрезе обособляются две толщи: нижняя - терригенная в объёме сеноманского и туронского ярусов, представлена переслаивающимися глинами, песчаниками и алевролитами, верхняя - карбонатная в объёме сенонского надъяруса, - известковистыми песчаниками, мергелями и глинами. Мощности верхнемеловых отложений варьируют в пределах 300-800 м. На отдельных участках отмечается глубокий размыв верхнемеловых отложений, участками до туронских (Бердахский вал, Центрально-Устюртская зона поднятий, отдельные площади Ассакеауданского прогиба).

Кайнозойская эратема

Представлена в объёме палеогеновой, неогеновой и антропогеновой систем.

Палеогеновые отложения имеют неповсеместное распространение, отсутствие их полностью отмечается в Судочьем прогибе, на отдельных площадях Барсакельмесского прогиба, что обусловлено преднеогеновым размывом, результатом которого явилась разная полнота палеогеновых отложений, участками до полного их исчезновения. Представлены они в объёме палеоценового, эоценового и олигоценового отделов. Разрезы палеогена сложены известняками, известковистыми песчаниками в нижней части, мергелями различной окраски в разрезах палеоцена и эоцена. Завершают разрез палеогена олигоценовые отложения, представленные глинами разной окраски.

На палеогеновых образованиях с размывом залегают *неогеновые отложения*, имеющие неповсеместное распространение. Отсутствие их отмечается в пределах Судочьего прогиба, Центрально-Устюртского поднятия и др. В объёме неогеновой системы в регионе выделяются тортонский и сарматский ярусы, по возрасту соответствующие среднему и верхнему миоцену. Разрезы неогена сложены в нижней части мергелями белыми, светло-серыми, в верхней секции разреза - известняками мелкокристаллическими, прослоями органогенными доломитизированными светло-серой, желтой, буровато-желтой окраски с включениями гипса и загипсованных глин.

Породы *антропогеновой системы* залегают на разновозрастных отложениях мела, палеогена и неогена, представлены супесями, суглинками и песками желтовато-бурой окраски.

Тектоника

Геологическое развитие Устюртского региона, занимающего западное окончание Туранской плиты в период геосинклинального, промежуточного и платформенного этапов, позволяет говорить о его гетерогенной структуре. Западная часть региона (Устюрт-Каракумская часть Туранской плиты, а для изучаемой территории собственно Устюртская), характеризуется глубоким погружением кровли складчатого фундамента и гетерогенным геологическим строением, восточная часть (Арало-Кызылкумская) – приподнятой поверхностью складчатого фундамента. Сочленение этих тектонических элементов происходит по «так называемой Арало-Кызылкумской шовной зоне» или по линии А.Д. Архангельского (1923 г.).

В западной части региона расположены Северо-Устюртская и Южно-Мангышлак-Устюртская впадины и разделяющая их Центрально-Устюртская зона поднятий (рис. 3).

В пределах каждого тектонического элемента более крупного порядка выделяются

тектонические элементы более низких порядков.

Северо-Устюртская впадина (синеклиза) состоит из Чурукской седловины, Кассарминского вала, Актумсукской системы дислокаций, Агьинского поднятия, Яркимбайского выступа, Куаныш-Коскалинского и Тахтакаирского валов и разделяющих их прогибов: Самский, Косбулакский, Барсакельмесский, Судочий.

В пределах Южно-Мангышлак-Устюртской впадины выделяются Шахпахтинская ступень, Узункуинский выступ и разделяющий их Ассакеауданский прогиб.

Складчатое основание восточной части региона – Араломорской впадины акватории Аральского моря, окончательно сформировалось на этапе герцинского тектогенеза, что характерно для всей Туранской плиты. В пределах Араломорской впадины выделяются тектонические элементы более низкого порядка: Талдыкский прогиб, Аккалинский выступ, Восточно-Аральское поднятие, Бузгульское поднятие, Северо-Аральский прогиб и др. (см. рис. 3).

Нефтегазоносность

По состоянию на 01.01.2019 г. в Устюртском регионе открыто 26 месторождений нефти и газа (рис. 4). Из общего их числа на Государственном балансе Республики Узбекистан числятся 23. Газоконденсатные месторождения Сургиль, Северный Арал, Восточный Бердах, Учсай, Бердах, Шимолий Бердах (всего 6) по защищенным в ГКЗ отчетам по подсчету запасов УВ объединены в 3 месторождения (Сургил, Шаркий Бердак и Бердак-Шимолий Бердак соответственно) с аналогичными геолого-геофизическими характеристиками, подсчетными параметрами и контурами газоносности, на основе которых составлены проекты разработки.

Из 23 месторождений 8 (Куаныш, Акчалак, Кокчалак, Карачалак, Гарбий Борсакелмас, Тиллали, Бескала и Сайхун) открыты в пределах Куаныш-Коскалинского вала, 7 (Урга, Дали, Сургил, Шаркий Бердак, Бердак-Шимолий Бердак, Шагырлык, Арал, Арслан, Кызылшалы, Инам и Куйи Сургил) – в пределах Судочьего прогиба, 2 (Шахпахты и Джел) – на территории Шахпахтинской ступени Южного Устюрта, 1 (Шеге) – в пределах Тахтакаирского вала и 1 (Западный Арал) – на юго-восточном борту Косбулакского прогиба.

По типу флюидов месторождения разделяются на: газовое – 1 (Шахпахты), нефтегазоконденсатное – 1 (Западный Арал) и газоконденсатные - остальные 21.

Из 23 месторождений 4 разрабатываются, 9 разведываются, 1 законсервировано и 9 подготовлено к освоению.

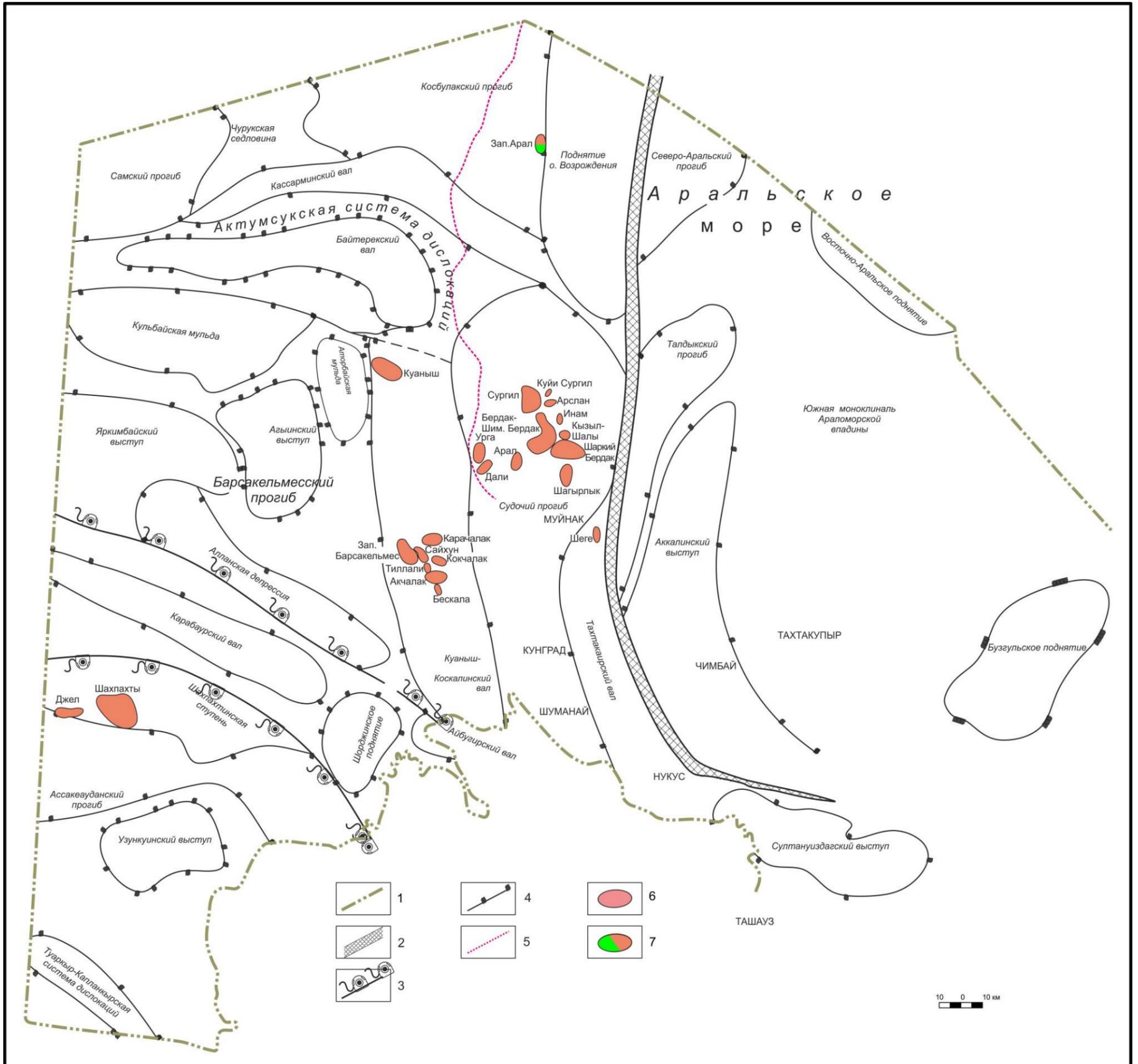


Рис. 3. Схема расположения месторождений нефти и газа на структурно-тектонической основе (Уstyуртский регион)
(по материалам АО «ИГИРНИГМ» и АО «Узбекгеофизика»)

1 - государственная граница Республики Узбекистан, 2 - Арало-Кызылкумский глубинный разлом, 3 - границы тектонических элементов I порядка, 4 - границы тектонических элементов более низкого порядка, 5 - граница чинка, 6 - газовые, газоконденсатные месторождения, 7 - нефтегазоконденсатное месторождение.

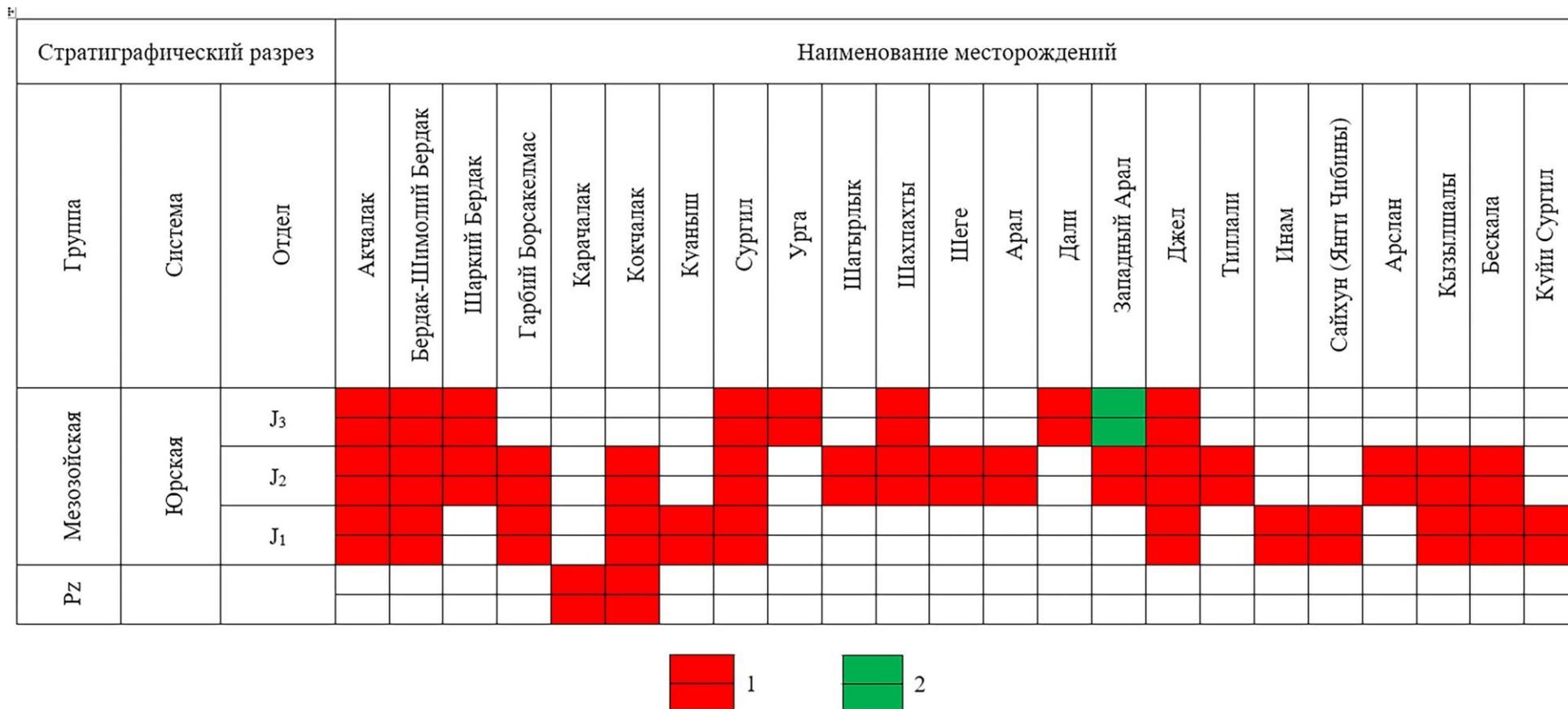


Рис. 4. Распределение скоплений углеводородов по стратиграфическому разрезу (Устюртский регион)

1 - газовые и газоконденсатные залежи, 2 - нефтяные залежи.

Первое газовое месторождение Шахпахты открыто в 1963 г.

Стратиграфическая приуроченность залежей УВ по региону в диапазоне от палеозойских до верхнеюрских отложений включительно (см. рис. 4). Залежи УВ в Устюртском регионе представлены пластовым; пластовым, тектонически экранированным и пластовым, литологически ограниченным типами. Сводный геолого-геофизический разрез и геологический разрез продуктивной толщи по типовому месторождению Сайхун представлены на рис. 5 и 6. При этом промышленная продуктивность палеозойских карбонатных отложений доказана на 2 месторождениях (на Куаныш-Коскалинском вала); нижнеюрских терригенных образований - на 11 месторождениях (6 – в пределах Куаныш-Коскалинского вала, 4 – в Судочьем прогибе и 1 – на Шахпахтинской ступени); среднеюрских – на 18 месторождениях (6 – в пределах Куаныш-Коскалинского вала, 8 – в Судочьем прогибе, 2 – на территории Шахпахтинской ступени, 1 – в пределах Тахтакаирского вала и 1 – в Косбулакском прогибе); верхнеюрских терригенно-карбонатных – на 9 месторождениях (5 – в Судочьем прогибе и по одному месторождению в пределах Куаныш-Коскалинского, Тахтакаирского валов и Косбулакского прогиба, 2 – на Шахпахтинской ступени). Более широкий диапазон продуктивности отмечается в разрезах Куаныш-Коскалинского вала: от палеозойских до верхнеюрских. В Судочьем прогибе и в пределах Шахпахтинской ступени продуктивны нижнеюрские и средне-верхнеюрские отложения, в Косбулакском прогибе, в пределах Тахтакаирского вала и Шахпахтинской ступени - средне- и верхнеюрские отложения. Основное количество выявленных скоплений УВ сырья в регионе приходится на отложения средней юры.

Анализ истории геолого-геофизической изученности Устюртского региона свидетельствует о том, что первое газовое месторождение Шахпахты открыто в 1963 г. на северном борту Ассакеауданского прогиба в Южном Устюрте и основная продуктивность связана с верхне-среднеюрскими отложениями. Следующим открыто месторождение Куаныш в 1967 г. в пределах северной части Куаныш-Коскалинского вала, где впервые получили промышленные притоки газа из отложений нижней юры [Ходжаев и др., 1974].

В период 70-90-х гг. прошлого столетия в центральной части Куаныш-Коскалинского вала открыты небольшие по запасам месторождения: Акчалак, Гарбий Борсакелмас, Карачалак, Кокчалак, залежи в которых обнаружены как в юрских, так и палеозойских отложениях. В это же время найдено крупное месторождение Урга в отложениях верхней юры в западной части Судочьего прогиба.

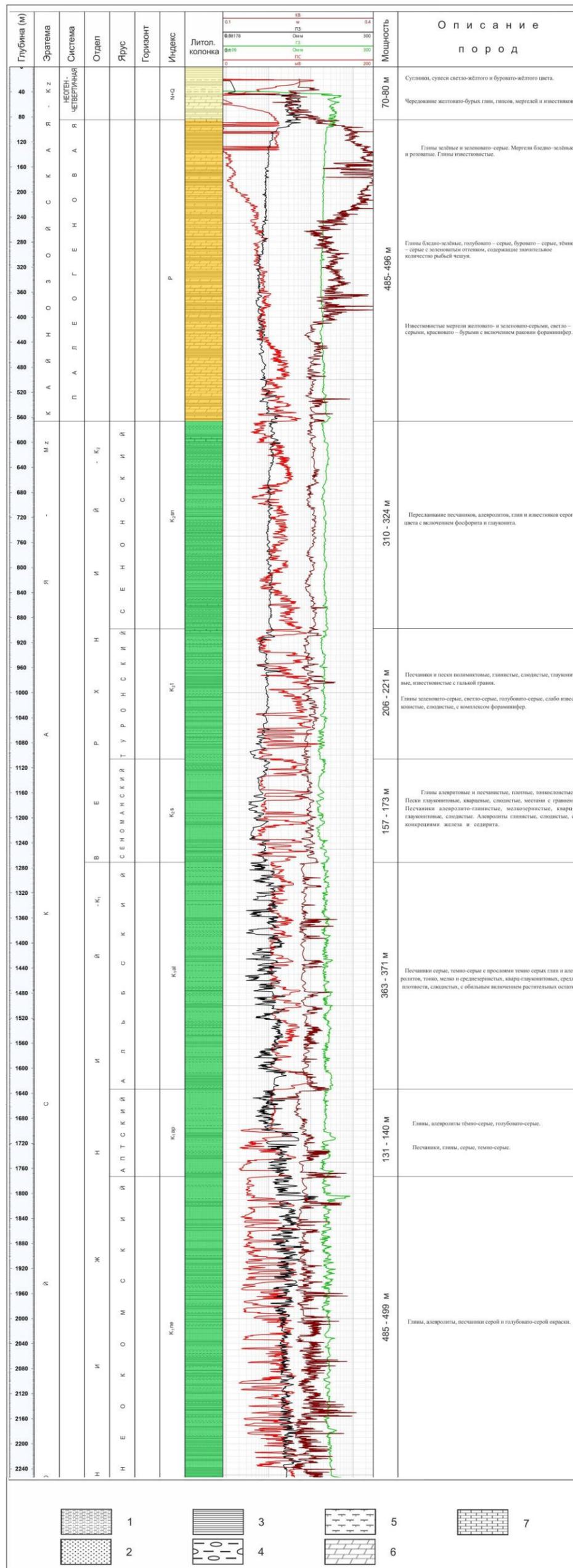
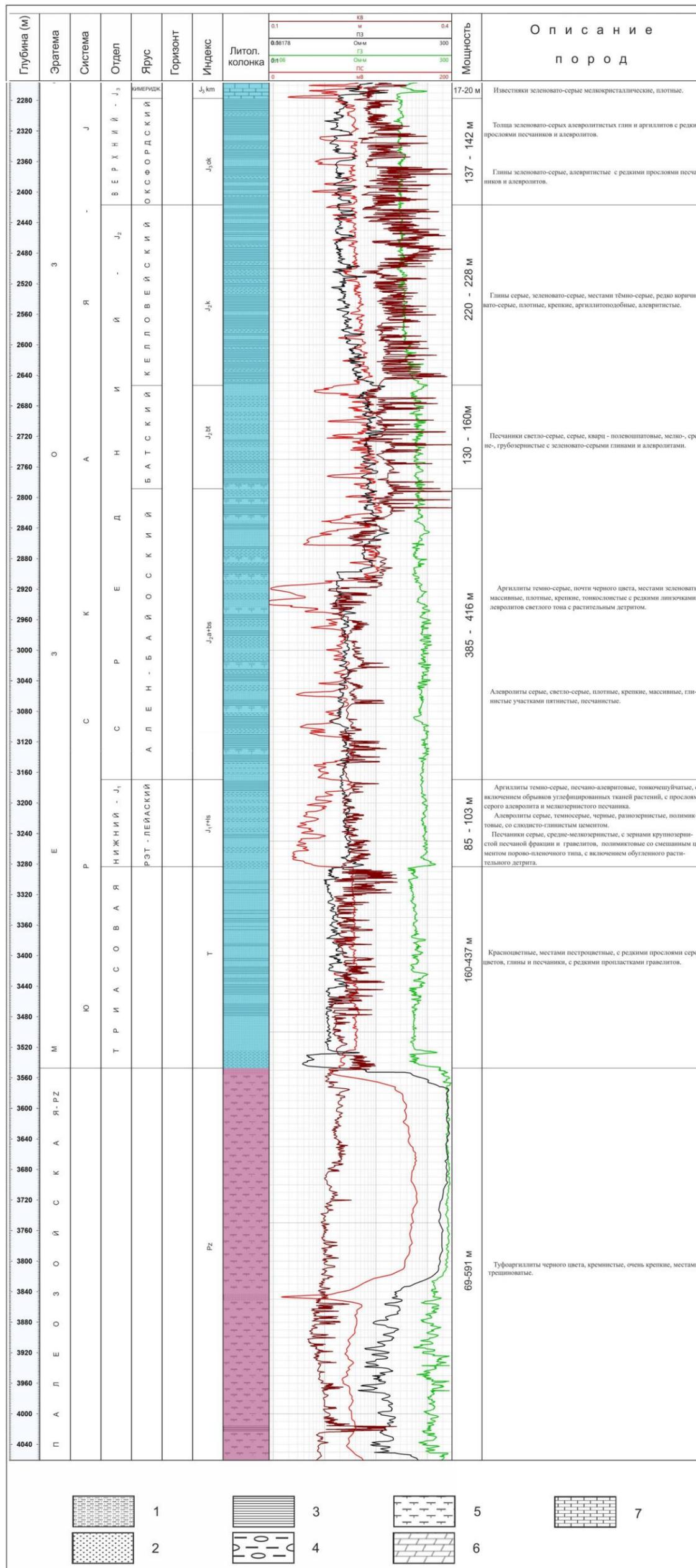


Рис. 5. Сводный геолого-геофизический разрез месторождения Сайхун Устьюртского региона

1 – алевролиты, 2 – песчаники, 3 – глины, 4 – суглинки, супеси, 5 – аргиллиты, 6 – мергели, 7 – известняки.



Продолжение рис. 5. Сводный геолого-геофизический разрез месторождения Сайхун Устыртского региона
 1 – алевриты, 2 – песчаники, 3 – глины, 4 – суглинки, супеси, 5 – аргиллиты, 6 – мергели, 7 – известняки.

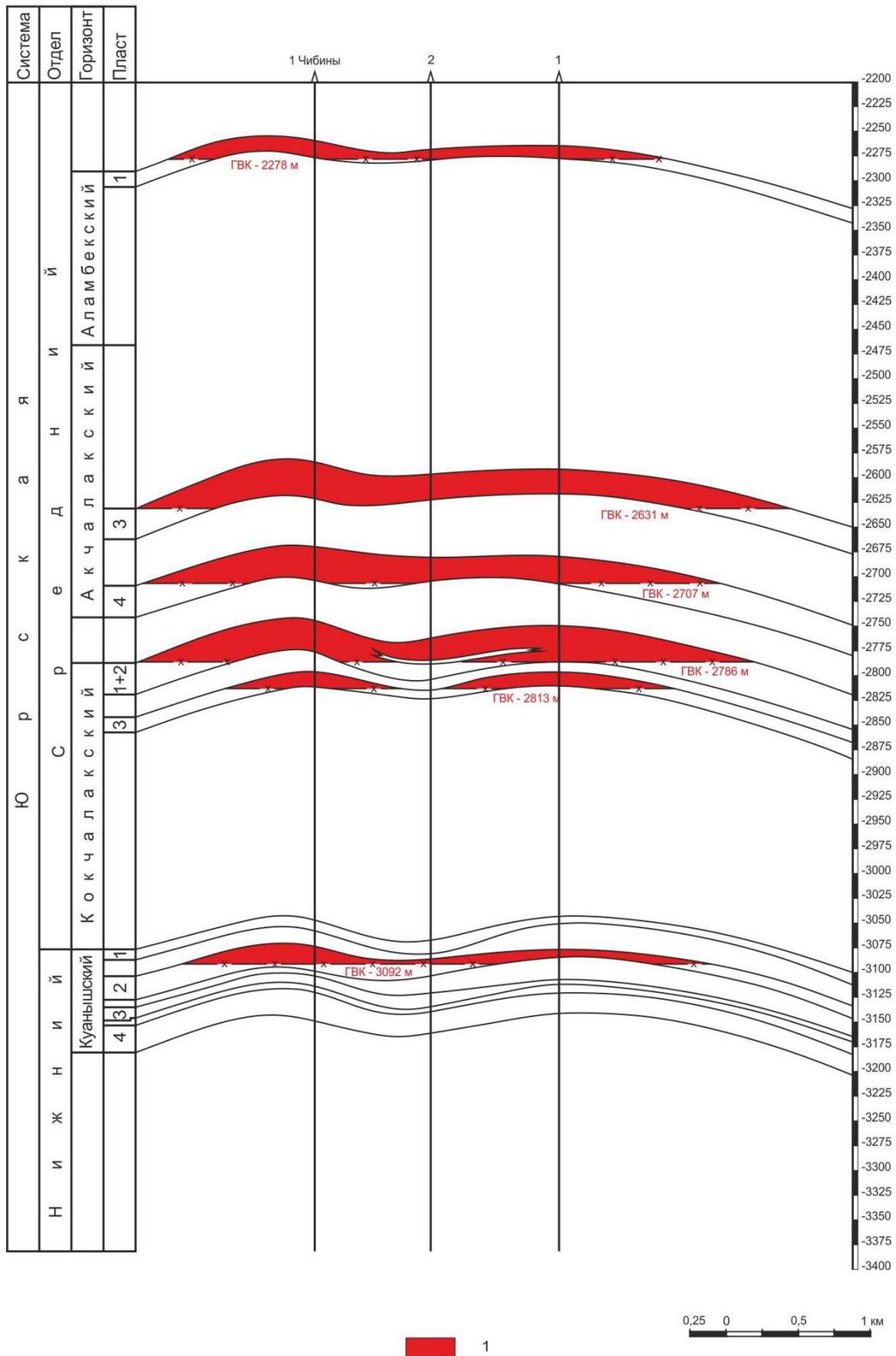


Рис. 6. Геологический разрез продуктивной части месторождения Сайхун Уstyуртского региона
1 - газоконденсатная залежь.

Переломным моментом в истории освоения Устюртского региона считается 1998 г., когда во исполнение Протокола поручений первого Президента Республики Узбекистан И.А. Каримова от 11.02.1998 г. об усилении нефтегазопоисковых работ на плато Устюрт и в акватории Аральского моря разработаны и приняты чрезвычайно важные документы по кардинальному развороту в регионе геофизических и буровых работ. Реализация мероприятий в свете этих документов обеспечила резкое расширение объемов геологоразведочных работ и их концентрацию в наиболее перспективных зонах, результатом чего явилось открытие новых газоконденсатных месторождений (Шаркий Бердак, Шагырлык, Сургил, Бердак-Шимолий Бердак, Шеге, Тиллали, Арал, Арслан и Дали) [Абдуллаев, Богданов, 2013].

Указ первого Президента Республики Узбекистан И.А. Каримова от 28.04.2000 г. «О мерах по привлечению иностранных инвестиций в разведку и добычу нефти и газа», приоритетное положение в котором занимает ожидаемая интенсификация геологоразведочных работ, также привлек повешенное внимание к Устюртскому региону. В свете этого Указа и других документов, зарубежным компаниям предоставлен режим наибольшего благоприятствования в поисках, разведке и последующей разработке новых месторождений нефти и газа, добыче, переработке УВ сырья, сбыте их продуктов, кроме того, иностранные компании освобождаются от уплаты всех видов налогов и иных платежей на период геологоразведочных работ. Для проведения этих работ иностранными инвесторами на территории Устюртского региона выделены инвестиционные участки. Наиболее значительными результатами этих работ явилось открытие двух месторождений: газоконденсатного Джел на северном борту Ассакеауданского прогиба Южного Устюрта (ЗАО «Газпром Зарубежнефтегаз»), где залежи УВ приурочены ко всем отделам юры, и нефтегазоконденсатного Западный Арал (Консорциум компаний: НХК «Узбекнефтегаз», «Петронас Чаригали» (Малайзия), «Лукойл» (Россия), «CNPC» (Китай), «KNOС» (Корея)) в западной части Косбулакского прогиба, северной части Устюртского региона, где газоконденсатные залежи приурочены к среднеюрским, а нефтяная залежь – верхнеюрским карбонатным отложениям.

Устюртский регион является одним из наиболее перспективных, в том числе, по объему начальных суммарных извлекаемых ресурсов УВ. Разворот масштабных геологоразведочных работ в этом регионе привел к открытию значительного количества новых месторождений. До 1991 г. здесь открыто 5 месторождений УВ, за период 1991-2018 гг. - 18 месторождений нефти и газа.

Вновь открываемые месторождения УВ позволили не только компенсировать снижение добычи на длительно разрабатываемых месторождениях, но и способствовали наращиванию

сырьевой базы республики, служащей основой для привлечения иностранных инвестиций для строительства нефтегазохимических предприятий по переработке УВ сырья.

Одним из таких уникальных проектов является Устюртский газохимический комплекс, рассчитанный на переработку УВ сырья в объеме 4,5 млрд. куб. м ежегодно и производство ценной товарной продукции, такой как товарный газ, полиэтилен, полипропилен и др., введенный в эксплуатацию в 2016 г. К 2020 г. предусмотрен рост выпускаемой продукции минимум в 4 раза.

В пределах Устюртского региона в качестве приоритетных направлений можно выделить территории Косбулакского, Кульбай-Аторбайского и Судочьего прогибов, Куаныш-Коскалинского поднятия, Шахпахтинской и Узункуинской ступеней, современной акватории Аральского моря, Восточного и Южного Приаралья и др.

Перспективы нефтегазоносности Устюртского региона в ближайшие годы связываются с юрскими и палеозойскими отложениями [Абдуллаев и др., 2012; Хегай, Юлдашева, 2009].

Нижнеюрские отложения являются объектом широкомасштабных геологоразведочных работ в 2017-2021 гг., где проводятся ускоренные поиски и разведка выявленных залежей УВ. В целях реализации поставленных задач, согласно Постановлению Президента Республики Узбекистан от 2 февраля 2017 г. №ПП-2755 «О мерах по расширению геологоразведочных работ в Устюртском нефтегазоносном регионе Республики Узбекистан», в 2017-2018 гг. введены в бурение 8 площадей с целью поиска залежей в нижнеюрских отложениях, и на которых в настоящее время продолжают геологоразведочные работы. К настоящему времени открыты 2 газоконденсатных месторождения – Бескала и Куйи Сургил.

Для обоснования перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений есть все основания: открытие двух месторождений (Кокчалак и Карачалак) с газоконденсатными залежами в палеозойских образованиях, наличие нефтегазопроявлений, в том числе, промышленного значения (Центральный Кушкаир, Северная Урга, Каракудук и др.), результаты сейсморазведочных работ и бурения, свидетельствующие о широком развитии в разрезах палеозоя карбонатных толщ значительной толщины, возможно рифогенного генезиса [Абдуллаев и др., 2012; Ахмедов и др., 2009].

Совместно с компанией Петровьетнам (Вьетнам) при проведении геологоразведочных работ и изучении нефтегазоносности палеозойских отложений впервые в Коссорском прогибе, на площади Азия Жолбарысы в поисковой скв. 1 из пермских отложений верхнего палеозоя получены непромышленные притоки УВ в виде жирного газа, а также выявлена азотная залежь в подсолевых нижнепермских (внутрипалеозойских) отложениях.

Кроме того, определенный интерес с позиции нефтегазоперспектив вызывают

нижнемеловые терригенные отложения Устюртского региона, в которых на территории Казахстана на площади Дорис, расположенной к северу от северной границы Каракалпакстана, в поисковой скв. 1 из песчаного коллектора неокомского яруса получены высокодебитные притоки нефти.

Доля начальных суммарных извлекаемых ресурсов УВ Устюртского региона по отношению к Республике Узбекистан, в целом, составляет 26,1%. Освоенность начальных суммарных извлекаемых ресурсов УВ сырья по региону - 16,8%.

Доля начальных разведанных извлекаемых запасов УВ промышленных категорий Устюртского региона по отношению к Республике Узбекистан, в целом, составляет 10,5%. В настоящее время накопленная добыча УВ не превышает 20% от начальных извлекаемых запасов промышленных категорий.

Нефтегазоносность подтверждается, в том числе, наличием значительного фонда перспективных ловушек. По состоянию на 01.01.2019 г. в фонде выявленных числится 20 ловушек (рис. 7). Кроме того, в фонде структур, подготовленных к глубокому бурению, и площадей, находящихся в бурении, насчитывается 67 объектов с оцененными перспективными ресурсами УВ категории С₃ свыше 780,0 млн. т у. т.

По состоянию на 01.01.2019 г. извлекаемые прогнозные ресурсы УВ сырья составляют около 2,8 млрд. т у. т. Наличие значительных по объему прогнозных ресурсов УВ позволяет с оптимизмом рассматривать перспективы наращивания сырьевой базы УВ в Устюртском регионе.

По стратиграфическим комплексам извлекаемые прогнозные ресурсы УВ распределяются следующим образом:

- отложения верхнеюрского возраста – 696,9 млн. т у. т;
- отложения среднеюрского возраста – 758,5 млн. т у. т;
- отложения нижнеюрского возраста – 100,6 млн. т у. т;
- отложения палеозойского возраста – 1220,6 млн. т у. т.

Анализ результатов геологоразведочных работ, проведенных в Устюртском регионе Республики Узбекистан, свидетельствует о высоком УВ потенциале и целесообразности проведения дальнейших геологоразведочных работ на нефть и газ.

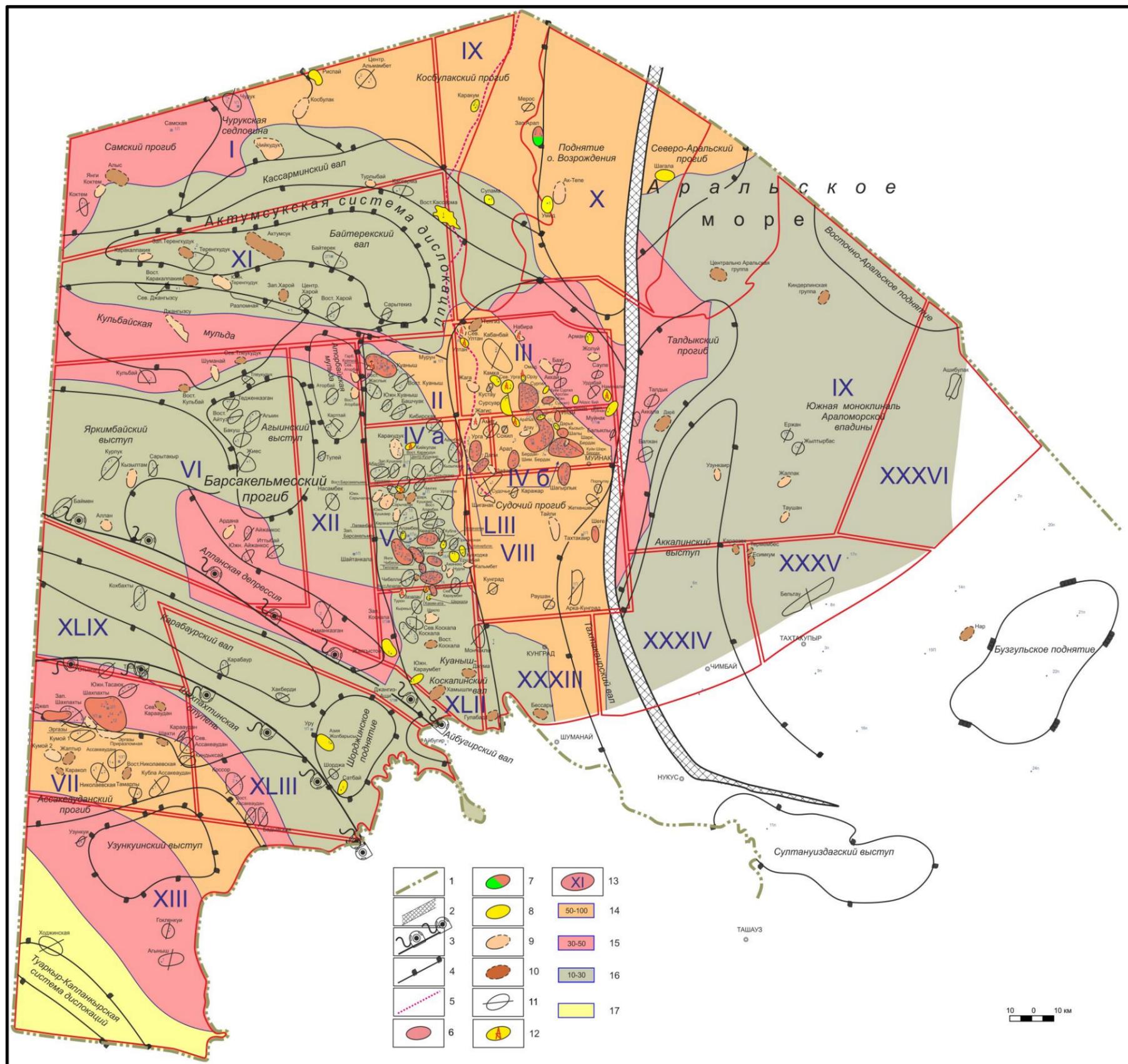


Рис. 7. Схема расположения месторождений углеводородов, площадей, находящихся в бурении, выявленных, подготовленных к бурению и выведенных из бурения на основе нефтегазогеологического районирования (Устыуртский регион) (по материалам АО «ИГИРНИГМ» и АО «Узбекгеофизика»)

1 - государственная граница Республики Узбекистан, 2 - Арало-Кызылкумский глубинный разлом, 3 - границы тектонических элементов I порядка, 4 - границы тектонических элементов более низкого порядка, 5 - граница чинка, 6 - газовые, газоконденсатные месторождения, 7 - нефтегазоконденсатное месторождение, 8 - структуры, находящиеся в бурении, 9 - структуры, подготовленные к бурению, 10 - выявленные структуры, 11 - структуры, выведенные из бурения, 12 - структуры, на которых проводятся и намечается проведение (2019-2021 гг.) геологоразведочных работ, 13 - инвестиционные блоки (I - Самско-Косбулакский, II - Куанышский, III - Сургильский, IVa - Гарбий Ургинский, IVb - Шаркий Ургинский, V - Акчалакский, VI - Агынский, VII - Шахпахтинский, VIII - Кунградский, IX - Араломорский, X - Акватория Аральского моря, XI - Байтерекский, XII - Насамбекский, XIII - Узункуинский, XXXIII - Шуманайский, XXXIV - Чимбайский, XXXV - Коскудыкский, XXXVI - Ашибулакский, XLII - Караумбетский, XLIII - Коссорский, XLIX - Молабаурский, LIII - Ургинский), 14 - степень концентрации перспективных ресурсов УВ, III категории, тыс. т у. т./км², 15 - степень концентрации перспективных ресурсов УВ, IV категории, тыс. т у. т./км², 16 - степень концентрации перспективных ресурсов УВ, V категории, тыс. т у. т./км², 17 - степень концентрации перспективных ресурсов УВ, мало перспективные территории, тыс. т у. т./км².

Литература

Абдуллаев Г.С., Эйдельмант Н.К., Богданов А.Н., Насыров Д.Д. О результатах геологоразведочных работ по целенаправленному поиску залежей нефти и газа в доюрском комплексе пород Устюртского региона республики Узбекистан // *Узбекский журнал нефти и газа*. - 2012. - № 3. - С. 16-22.

Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н. Проблемные вопросы отечественной геологоразведки на нефть и газ // *Узбекский журнал нефти и газа*. - 2013. - №4. - С. 10-16.

Акрамходжаев А.М., Авазходжаев Х.Х., Валиев А.А., Айходжаев С.С., Иногамов Х.Х., Жукова Е.А., Алимов К.А., Хачиева Л.С., Юлдашев Ж.Ю. Геологическое строение и предпосылки нефтегазоносности Устюрта, книга I, II, Ташкент, ФАН. – 1967. - С. 199, 290.

Ахмедов Н.А., Абдуллаев Г.С., Эйдельмант Н.К., Солопов Г.С., Богданов А.Н. Перспективы нефтегазоносности доюрских образований Узбекистана // *Узбекский журнал нефти и газа*. - 2009. - №3. - С. 6-10.

Гафаров Н.А., Гулев В.Л., Карнаухов С.М., Соколов В.И., Гризлик А.Я., Заболотная Ю.И., Крылов Н.А., Кучеря М.С. Новый взгляд на перспективы нефтегазоносности Восточного Устюрта. Москва, Недра. - 2010. - С. 31-43.

Хегай Д.Р., Юлдашева М.Г. Особенности геологического строения юрского комплекса отложений в Устюртском регионе и связанные с ним перспективы нефтегазоносности // *Узбекский журнал нефти и газа*. - 2009. - №3. - С. 28-31.

Ходжаев А.Р., Акрамходжаев А.М., Бабаев А.Г., Давлятов Ш.Д., Азимов П.К., Сотуриади К.А., Маденов М. Нефтяные и газовые месторождения Узбекистана. Ташкент, ФАН. - 1974. - С. 248-266.

Юлдашева М.Г., Евсеева Г.Б., Каршиев О.А. Перспективы наращивания нефтегазового потенциала за счет нижне - среднеюрских терригенных отложений в Бухаро-Хивинском и Устюртском регионах // *Узбекский журнал нефти и газа*. - Специальный выпуск. - 2016. - С. 53-61.

Abdullayev G.S., Bogdanov A.N., Aidelnant N.K.

Institute of Geology and Exploration of Oil and Gas Deposits (JSC "IGIRNIGM"), Tashkent, Uzbekistan, igirnigm@ing.uz

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF EXPLORATION ACTIVITY FOR OIL AND GAS IN THE USTYURT REGION (UZBEKISTAN)

The Ustyurt region is one of the main oil and gas bearing regions in Uzbekistan. The article provides a general overview of this region, the history of geological and geophysical knowledge, lithologic and stratigraphic characteristics of several sections, tectonic structure, and oil and gas content. The stratigraphic and tectonic confinement of petroleum accumulations and their phase composition is presented. The history of the petroleum activity development of the region is considered, the results of geological exploration, including those carried out by investors, the number of discovered accumulations, their ranking by type of fluids, and their degree of development are presented. Priority stratigraphic rocks sequences and areas for further exploration have been identified. The oil and gas prospects of the region are justified by the low development of the initial total recoverable resources and the presence of a significant pool of prospective traps. Predicted hydrocarbon resources are presented for several stratigraphic sections: Upper Jurassic, Middle Jurassic, Lower Jurassic and Paleozoic, which indicates a high hydrocarbon potential and feasibility of further exploration for oil and gas in the Ustyurt region of Uzbekistan.

Keywords: exploration activity, oil and gas field, petroleum potential, Jurassic, Paleozoic, Ustyurt region, Uzbekistan.

References

Abdullaev G.S., Bogdanov A.N. *Problemye voprosy otechestvennoy geologorazvedki na neft' i gaz* [Problematic issues of domestic exploration for oil and gas.]. *Uzbekskiy zhurnal nefti i gaza*, 2013, no.4, p. 10-16.

Abdullaev G.S., Eydel'nant N.K., Bogdanov A.N., Nasyrov D.D. *O rezul'tatakh geologorazvedochnykh rabot po tselenapravlennomu poisku zalezhey nefti i gaza v doyrskom komplekse porod Ustyurtskogo regiona respubliki Uzbekistan* [Results of geological exploration of a targeted search for oil and gas accumulations in the pre-Jurassic sections of the Ustyurt region of the Republic of Uzbekistan]. *Uzbekskiy zhurnal nefti i gaza*, 2012, no. 3, p. 16-22.

Akhmedov N.A., Abdullaev G.S., Eydel'nant N.K., Solopov G.S., Bogdanov A.N. *Perspektivy neftegazonosnosti doyrskikh obrazovaniy Uzbekistana* [Prospects for petroleum pre-Jurassic Formations of Uzbekistan]. *Uzbekskiy zhurnal nefti i gaza*, 2009, no. 3, p. 6-10.

Akrakhodzhaev A.M., Avazkhodzhaev Kh.Kh., Valiev A.A., Aykhodzhaev S.S., Inogamov Kh.Kh., Zhukova E.A., Alimov K.A., Khachieva L.S., Yuldashev Zh.Yu. *Geologicheskoe stroenie i predposylki neftegazonosnosti Ustyurta* [Geological structure and petroleum potential of Ustyurt]. *Kniga I, II*, Tashkent, FAN, 1967, p. 199, 290.

Gafarov N.A., Gulev V.L., Karnaukhov S.M., Sokolov V.I., Grizik A.Ya., Zabolotnaya Yu.I., Krylov N.A., Kucherya M.S. *Novyy vzglyad na perspektivy neftegazonosnosti Vostochnogo Ustyurta* [New view on Eastern Ustyurt petroleum potential]. Moscow, Nedra, 2010, p. 31-43.

Khegay D.R., Yuldasheva M.G. *Osobennosti geologicheskogo stroeniya yurskogo kompleksa otlozheniy v Ustyurtskom regione i svyazannye s nim perspektivy neftegazonosnosti* [Features of the geological structure of the Jurassic sections in the Ustyurt region and the associated petroleum potential]. *Uzbekskiy zhurnal nefti i gaza*, 2009, no.3, p. 28-31.

Khodzhaev A.R., Akrahodzhaev A.M., Babaev A.G., Davlyatov Sh.D., Azimov P.K., Sotiriadi K.A., Madenov M. *Neftyanye i gazovye mestorozhdeniya Uzbekistana* [Oil and gas fields of Uzbekistan.]. Tashkent, FAN, 1974, p. 248-266.

Yuldasheva M.G., Evseeva G.B., Karshiev O.A. *Perspektivy narashchivaniya neftegazovogo potentsiala za schet nizhne - sredneyurskikh terrigennykh otlozheniy v Bukharo-Khivinskom i*

Ustyurtskom regionakh [Prospects for increasing the oil and gas potential of the Lower - Middle Jurassic terrigenous rocks belonging to the Bukhara-Khiva and Ustyurt areas]. *Uzbekskiy zhurnal nefti i gaza, spetsial'nyy vypusk*, 2016, p. 53-61.

© Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйдельмант Н.К., 2019