

К.Н. Каграманов, Р.В. Велиев

Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики, Баку

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ СТРУКТУРЫ ЮЖНОКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Основные ресурсы нефти и газа данного региона связаны с продуктивно-красноцветной толщей нижнего плиоцена. Палеоген-миоценовые и мезозойские отложения в акватории Южного Каспия погружены на значительную глубину, перспективы их нефтегазоносности связывают с наиболее приподнятыми тектоническими зонами. Для оценки перспектив нефтегазоносности Мз отложений необходимы детальные сейсмические исследования в комплексе с высокоточными гравиметрическими работами и сверхглубоким параметрическим бурением.

Ключевые слова: Южнокаспийская впадина, мезокайнозойские отложения, продуктивные горизонты.

Открытие и разработка новых углеводородных месторождений в Южнокаспийской впадине позволяют считать шельф Каспийского моря главным объектом поисково-разведочных работ на период до 2050 года. Основные ресурсы нефти и газа данного региона связаны с продуктивной толщей нижнего плиоцена.

Палеоген-миоценовые и мезозойские отложения в Южном Каспии погружены на значительную глубину. Перспективы их нефтегазоносности связывают в основном с наиболее приподнятыми тектоническими зонами.

Для оценки перспектив нефтегазоносности ЮКВ с научной и практической точек зрения наиболее основательно и убедительно районирование Х.Б. Юсифзаде и Л.И. Лебедева, предложивших выделить четыре нефтегазоносные и две перспективные области. Данный вариант основывается на представлении центральной части ЮКВ в качестве нефтегазоносного бассейна и выделяется как автономная геологическая система, служащая отправным объектом тектонического и нефтегеологического районирования.

Североапшеронский нефтегазоносный район охватывает одноименную зону поднятий — наиболее приподнятый тектонический элемент Южного Каспия. Рассматриваемая зона состоит из двух антиклинальных линий, в пределах которых выявлено и разведано 20 структур. Здесь к поисково-разведочному бурению привлечено

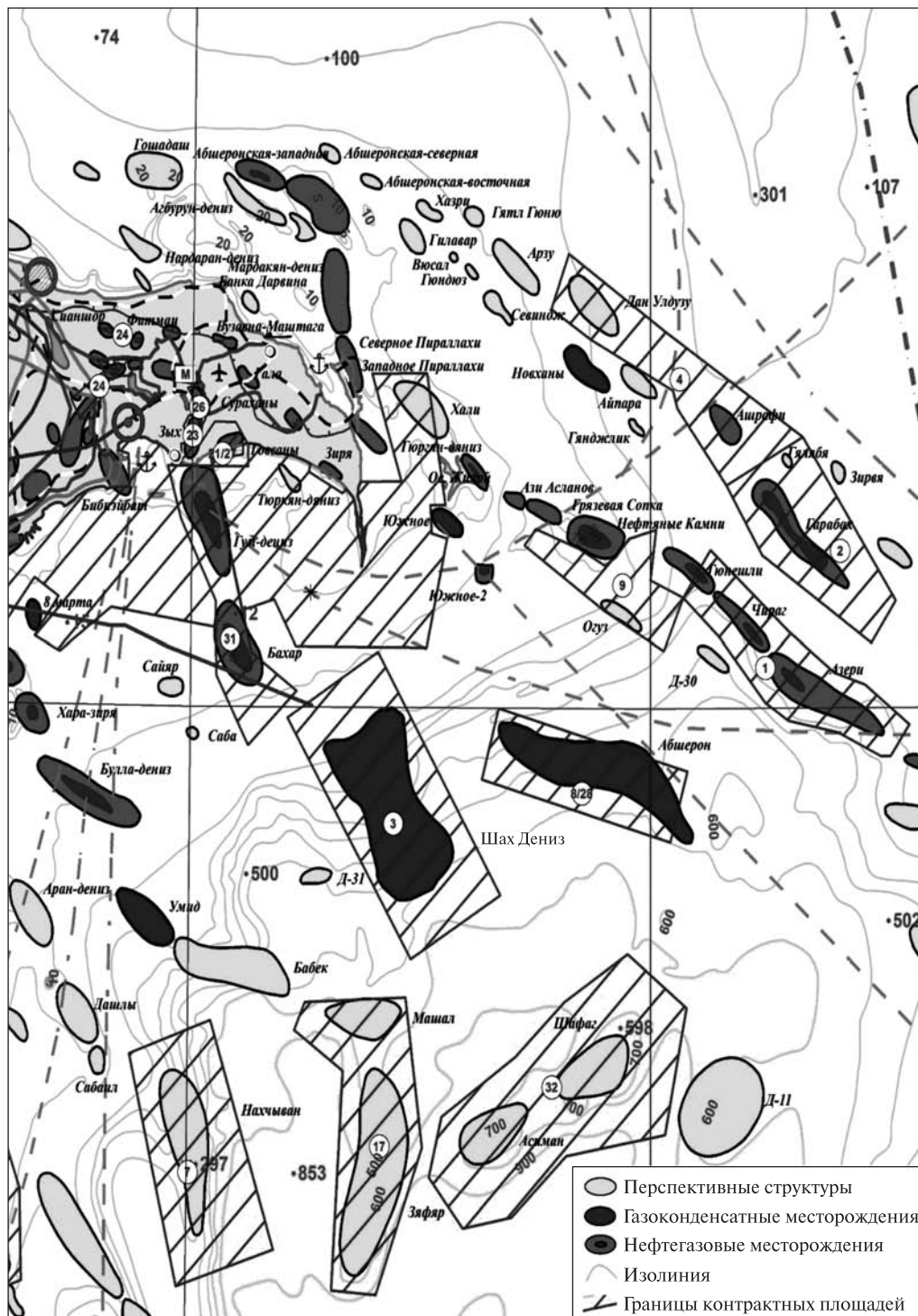


Рис. 1. Нефтегазоносные структуры Южнокаспийской впадины

около 10 нефтегазоносных перспективных структур: Западноапшеронская, Новханы, Ашрафи, Гарабах и др. На поднятиях Гошадаш, Хазри, Арзу изучаются перспективность отложений нижнего отдела продуктивной толщи (ПТ) нижнего плиоцена (в крыльевых частях структур) и подстилающие (мезозойские, палеоген-миоценовые) отложения (рис. 1).

Перспективная *структура Дан Улдузу* расположена в 100—110 км к северо-востоку от г. Баку и отделяется от структуры Ашрафи небольшой седловиной.

В 1997 г. на этих площадях после проведения трехмерных сейсмических исследований для оценки перспективности структур были пробурены две разведочные скважины (DU-1, DU-2) фактической глубиной 3105 и 3093 м. Обе скважины вскрыли подошву ПТ и вошли в понтские отложения.

В результате проведенных в скважинах промыслово-геофизических исследований было уточнено геологическое строение изучаемой структуры и выявлены коллекторские свойства перспективных пластов.

Следует отметить, что в разрезе пробуренной скважины отдельные интервалы сураханской, надкирмакинской песчанистой и подкирмакинской свит с точки зрения нефтегазонасыщенности оценены положительно, но не было выявлено промышленных углеводородных скоплений.

Начальные прогнозируемые запасы нефти и газа на этой площади составляют почти 50 млн т нефти и 40 млрд м³ газа.

Структура Гошадаш расположена в юго-западной части Апшеронского архипелага, на 48—50 км северо-западнее о. Пираллахи. Глубина моря — в пределах 15—30 м. В результате сейсморазведочных работ методом ОГТ, проведенных на площади Гошадаш в 1977 г., было уточнено геологическое строение поднятия и установлена еще большая его сложность. В 1980 г. структура Гошадаш была подготовлена к глубокому поисково-разведочному бурению на мезозойские отложения и в 2011 г. спроектирована поисковая скважина с проектной глубиной 3500 м. Однако, из-за технических причин на глубине 1584 м скважина № 1 была ликвидирована (миоценовые отложения) (рис. 2).

Опираясь на данные сейсмических исследований изучаемой площади, а также материалы глубокого скважинного бурения, проводимого на соседних площадях, можно сказать, что в геологическом строении упомянутой площади участвует группа мезо-кайнозойских отложений.

Месторождение Ашрафи расположено в 105 км к северо-востоку от г. Баку, в северной части Апшеронского архипелага; глубина моря в этом районе достигает 80—180 м (рис. 3).

После проведения трехмерной сейсмосьемки намечено местоположение трех разведочных скважин. В 1998 г. разведочной скважиной Ашрафи-1 (3711 м) в отложениях кирмакинской (КС) (3274—3283) и подкирмакинской (ПК) (3524—3536 м) свит обнаружено газоконденсатное месторождение с первичной оценкой запасов 6—8 млн тонн. При испытании одного из объектов приток газа и газоконденсата составил соответственно 620 тыс. м³ и 40 тонн в сутки. Испытание второго объекта дало приток 460 тонн нефти и 36 тыс. м³ газа в сутки. А в целом по структуре первичный запас оценивается около 50 млн т газоконденсата.

Глубина моря в районе *месторождения Карабах* достигает 150—200 м. Площадь структуры составляет 427 км². В 1998 году здесь с плавучей буровой установки было пробурено три поисковых скважины (KPS—1, 2, 3). В скважине № 2

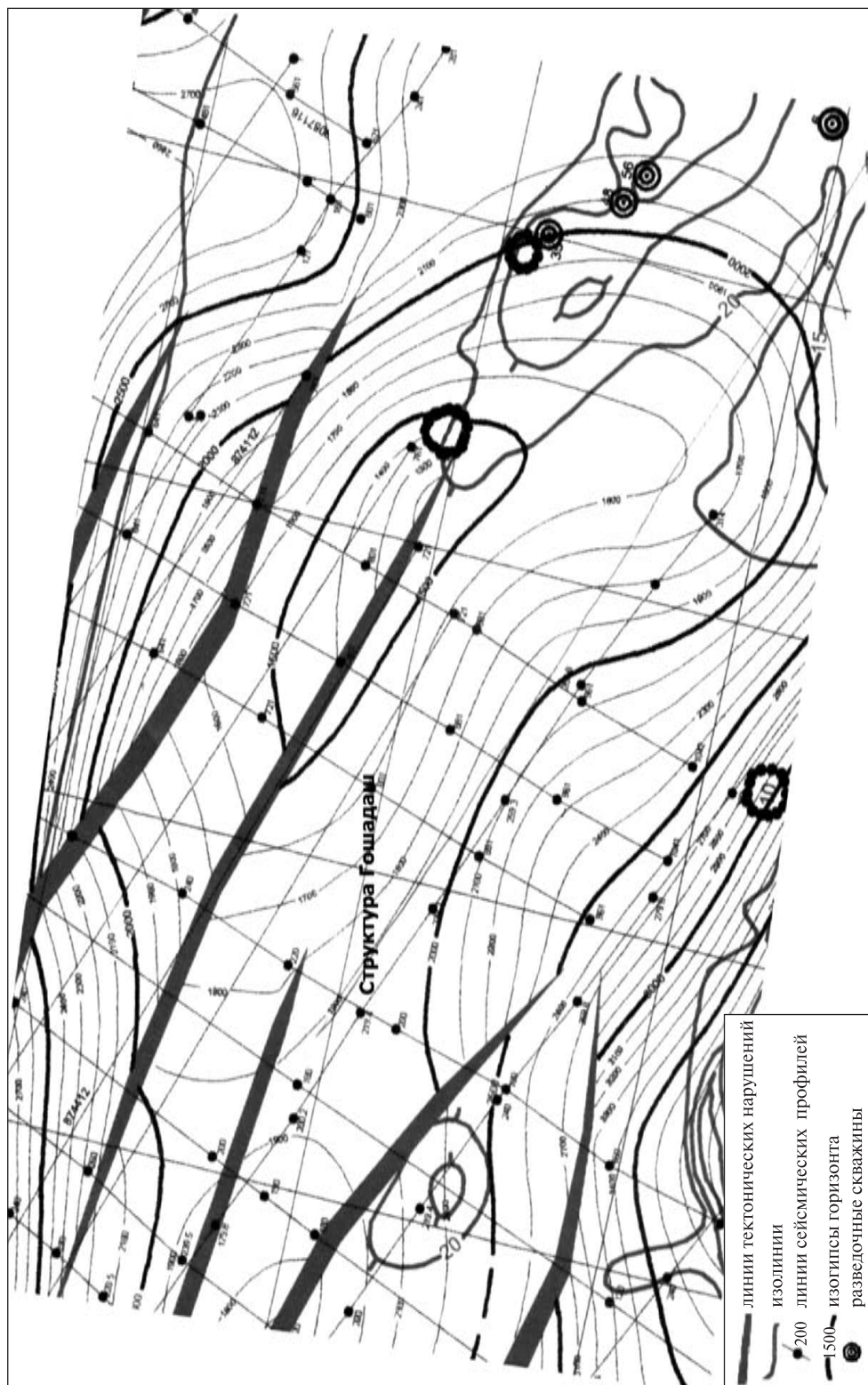


Рис. 2. Структурная карта по кровле мезозойских огложенных структуры Гошадаш, м-б 1:50000

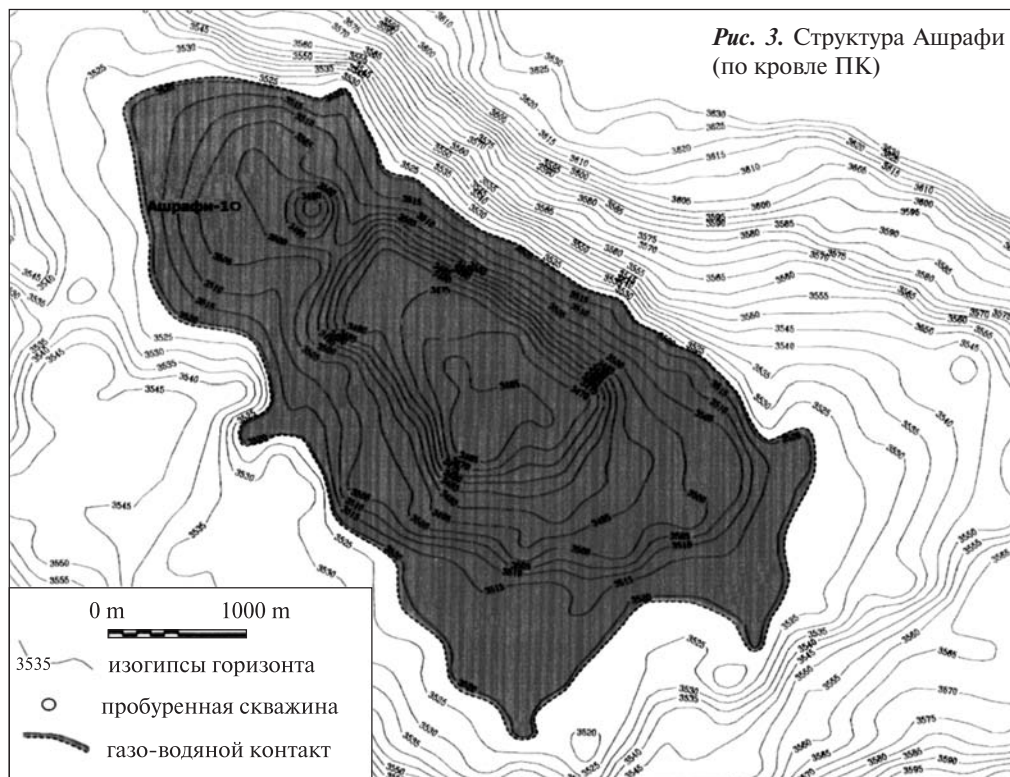


Рис. 3. Структура Ашрафи (по кровле ПК)

(3809) в КС и ПК свитах получен промышленный приток газа и конденсата. По предварительным подсчетам, первичный прогнозный запас углеводородов площади составляет около 80—100 млн т (рис. 4).

Определенный объем разведочного бурения был проведен во второй половине 1990-х гг. зарубежными фирмами на площадях Карабах, Дан Улдузу и Ашрафи, в результате получены промышленные притоки нефти и газоконденсата. В настоящее время с учетом данных ранее пробуренных скважин переинтерпретируются данные сейсмоки 3D с целью детализации геологической модели, доконтуривания выявленных залежей по ПТ, а также поисков новых скоплений УВ в разрезе миоцен-олигоцена и мезозоя.

Месторождение Шах Дениз с предварительной оценкой доказанных геологических запасов более 1,3 трлн м³ газа и 300 млн т конденсата введено в разработку в 2007 г. Шах Дениз расположено в пределах Южноапшеронской депрессии и, по данным сейсморазведки, представляет собой крупную асимметричную антиклинальную складку с крутым северо-восточным (25°) и пологим юго-западным (18—20°) крыльями, размером 25 × 12 км (рис. 5). Шах Дениз — уникальное газоконденсатное месторождение, возможно с нефтяной оторочкой. Большинство запасов УВ связывается с горизонтами Балаханской свиты, свитой Фасиля и, вероятно, с горизонтами нижнего отдела продуктивной толщи (Надкирмакинская песчанистая (НКП), Подкирмакинская свита (ПК), Калинская свита КаС).

В настоящее время на месторождении пробурено 11 скважин. На 01.09.2016 г. из восьми работающих скважин добыто около 75 млрд м³ газа и 18,9 млн т конденсата.

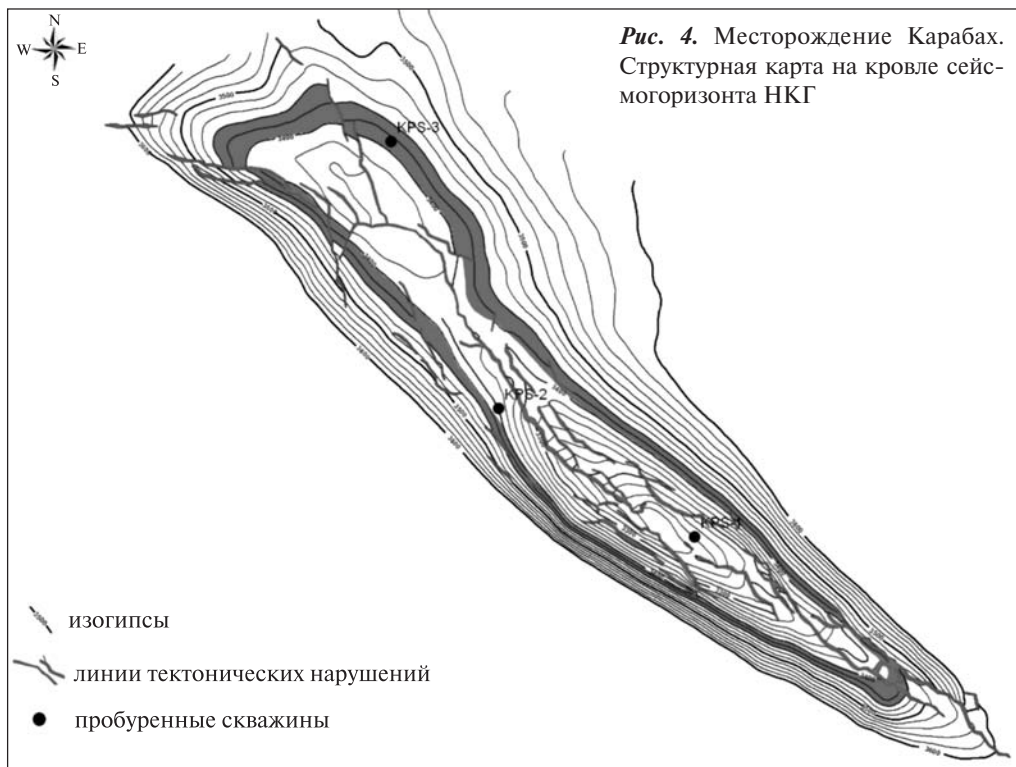


Рис. 4. Месторождение Карабах. Структурная карта на кровле сейсмогоризонта НКГ

Открытие газоконденсатного месторождения Шах Дениз и результаты поисково-разведочных работ, проведенных на других перспективных структурах, позволяют ожидать, что в дальнейшем в ЮКВ на глубине более 5 км будут открыты преимущественно газоконденсатные месторождения.

В прилегающих к месторождению Шах Дениз крупных перспективных структурах Апшерон, Нахчыван, Зафар-Машал, находящихся в идентичных структурно-фациальных условиях и на путях миграции УВ, предполагается открытие крупных и крупнейших газоконденсатных месторождений со значительным содержанием конденсата в газовой фазе на глубине более 6000—6500 м. Источником газогенерации могут быть палеоген-миоценовые и мезозойские отложения [1].

До интенсивной разработки месторождения пористость и ряд параметров фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов прогнозировались на основе математических моделей с учетом глубины залегания объектов и литологического типа пород. В период разработки месторождения систематически изучались фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов, которые подтвердили прогнозные величины. Так, в настоящее время пористость пород составляет: Балаханских свит 16 %, свиты «перерыв» (Фасиля) 12—14 %. Проницаемость по названным свитам составляет 15—30 мД. Текущее пластовое давление в зависимости от глубины оценено в 9600—20400 psi [5].

Месторождение Умид выявлено в результате сейсморазведочных работ на погружении складчатых зон северной части Бакинского архипелага, к юго-востоку от структуры Булла-дениз (рис. 6). По данным сейсмических исследований, структура Умид представлена антиклинальной складкой, размеры которой по

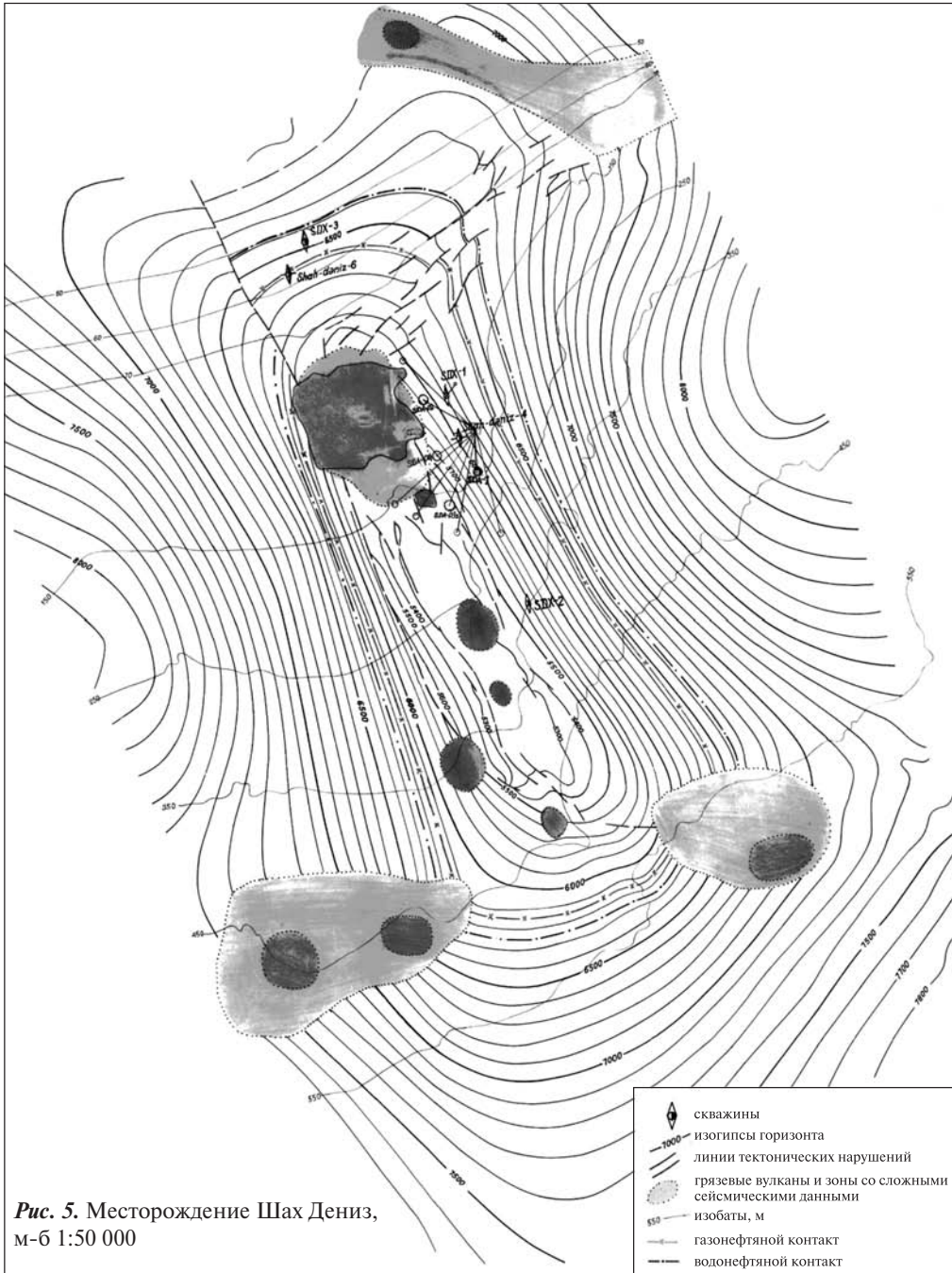


Рис. 5. Месторождение Шах Дениз, м-б 1:50 000

условному сейсмическому горизонту (ориентировочно подошва VII горизонта, аналога свиты «перерыв» по Апшеронской номенклатуре), в пределах замкнутой изогипсы 7200 составляют 32×5 км, высота складки 1200 м [3].

Исходя из результатов бурения поисково-разведочных скв. 4, 6, 10 и 12, а также учитывая общие геологические условия образования, включая закономерности распределения нефтегазонасыщенности по продуктивным горизонтам анти-

клинального пояса Сангачалы-дениз — Булла-дениз, залежи в структуре Умид оказались пластового типа.

Общая мощность продуктивных объектов структуры Умид оценена по данным бурения вышеуказанных скважин с учетом закономерностей ее изменения в направлении регионального погружения складчатости.

Пористость продуктивных объектов на месторождении Умид составляет 15 % по V горизонту и 16 % по VII горизонту, температура соответственно 106 и 117 °С [1].

Рассматривая закономерности размещения, условия формирования и сохранения залежей нефти и газа, можно отметить, что условия тектонического развития ЮКВ и интенсивное прогибание ее преимущественно в неоген-четвертичное время обусловили накопление мощной толщи флишевой формации и формирование крупных залежей нефти и газа в ней.

В настоящее время из двух скважин (№ 10, 12) ежесуточный отбор продукции составляет 800—850 тыс. м³ газа и около 150 т конденсата. По проекту разработки с целью увеличения отбора продукции продолжается уплотнение сетки скважин.

Нефтегазоносный район глубоководной части Южного Каспия охватывает территорию в 37 тыс. км², на которой благодаря сейсмическим исследованиям выявлено более 40 локальных поднятий по плиоцен-четвертичному структурно-фациальному комплексу. Структуры Апшеронская-восточная, Хазри-восточная, Хамамдаг-дениз, Вургун и др., входящие в одну антиклинальную линию, должны стать в ближайшем будущем объектами глубокого поискового бурения.

В пределах второй погребенной антиклинальной линии (Апшеронская-восточная, Хазри, Арзу, Севиндж, Новханы, Гянджлик) особого внимания с целью поисков литолого-стратиграфических ловушек по нижним горизонтам ПТ заслуживают калинская (КаС), подкирмакинская (ПК) и кирмакинская (КС) свиты. Последние часто выклиниваются в крыльевых и периклинальных частях вышеуказанных структур. В этой антиклинальной линии, вероятно, также перспективны мезозойские и палеоген-миоценовые отложения.

Нефтегазоносный район Апшеронского архипелага охватывает акваторию шельфа, прилегающего к Апшеронскому полуострову, и Апшеронский порог до поднятия Кяпяз включительно. В Азербайджанском секторе моря этот район характеризуется коллекторами в ПТ, литофациально представленными хорошо отсортированными кварцевыми песками с высокими значениями пористости и проницаемости. Ритмичное чередование песчаных коллекторов и глинистых покровов, а также благоприятные структурные образования обусловили насыщение углеводородами всего разреза ПТ Апшеронского архипелага, где в отдельных случаях выделяются до 20 залежей. В восточной части архипелага из выявленных и разведанных поднятий в девяти разрабатываются нефтяные и газовые месторождения (Пираллахи, Гюргян-дениз, Чиров, Ази Асланова, Палчыг пильпиляси, Джануб, Нефт Дашлары, Гюнешли, Чыраг, Азери). Для всех месторождений характерна многопластовая нефтегазоносность и сложное геологическое строение [2].

Месторождение Апшерон расположено к юго-западу от крупного месторождения Азери-Чыраг-Гюнешли и представляет собой антиклинальную складку длиной 30—35 км шириной 7—8 км (рис. 7). Эта структура тектонически приурочена к Восточноапшеронскому прогибу. В юго-восточной периклинали структуры на глубине 700—800 м расположен грязевой вулкан. В 2001 г. в структуре Апшерон была пробурена поисковая скважина глубиной 6506 м. При опробовании



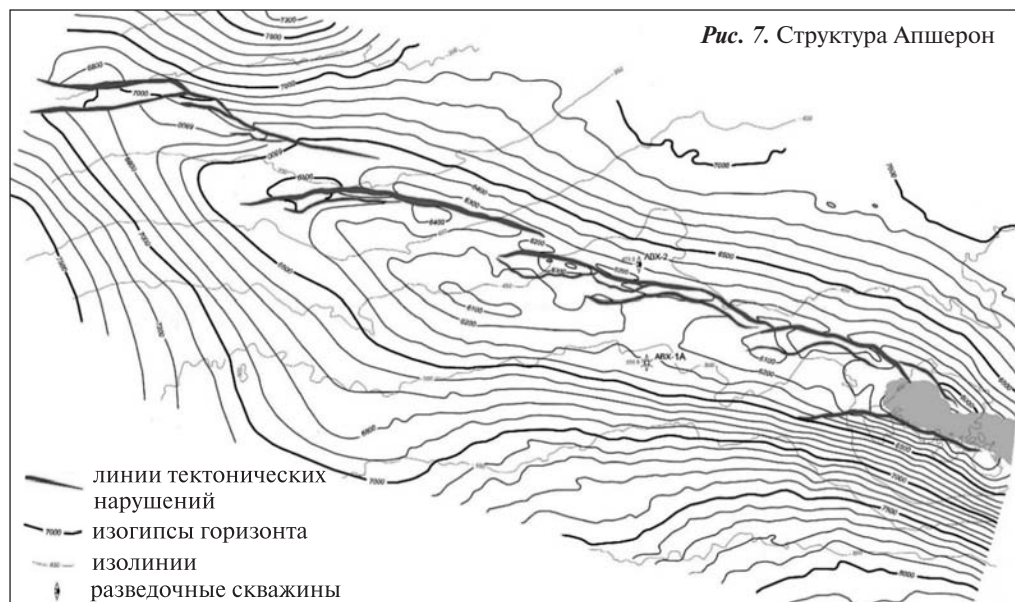
она не дала ожидаемых результатов, и дальнейшие буровые работы были прекращены. В августе 2011 г. при опробовании разведочной скважиной Апшерон 2Т на глубине 6568 м (проектная глубина 7250 м) из свиты «перерыв» получено 800—850 тыс. м³ газа и 450—500 т конденсата. Глубина моря на месторождении изменяется в пределах 250—650 м, продуктивные пласты находятся на глубине 6500—6700 м.

Следует отметить, что при подтверждении запасов данного месторождения 800—900 млрд м³ оно будет четвертым гигантским месторождением в Азербайджане.

Изученные данные о месторождении Абшерон и соседних площадей позволяют предположить, что основные газоконденсатные залежи приурочены к КС, ПК и КаС нижнего отдела ПТ.

Поднятия Чыраг, Азери и Кяяз детально изучены сейсморазведкой, вскрытые скважинами по ее рекомендации крупные месторождения нефти и газа находятся в интенсивной разработке. По состоянию 01.09.2016 г. из контрактной площади Азери — Чыраг — Понешли добыто 407 млн т нефти и 124,3 млрд м³ газа (рис. 8).

В южной прибрежной части Апшеронского полуострова, по данным МОГТ, довольно четко отображается юго-восточное морское продолжение Калинской (Тюркянской) и Говсанинской структур по нижним горизонтам ПТ. Говсанинское месторождение приурочено к выклинивающимся горизонтам калинской свиты, залегающим на эрозионной поверхности миоценового поднятия. Результаты сейсмических исследований на суше и в море позволили выявить погребенное



поднятие Говсан-дениз, перспективы нефтегазоносности которого связаны с выклинивающимися горизонтами в ПТ, а также с подстилающими ее отложениями.

Проблема мезозойской нефти в Азербайджане по сей день остается нерешенной. В настоящее время основные проводимые геолого-разведочные работы направлены на оценку перспектив нефтегазоносности мезозойских отложений.

Как было отмечено выше, основные критерии оценки перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов — наличие нефтегазоматеринских пород с высоким генетическим потенциалом нефтегазоносности, благоприятных фаций коллекторов, надежных нефтегазоупорных покрышек и, самое главное, структурных условий — ловушек для аккумуляции углеводородных флюидов. Мезозойские отложения Азербайджана имеют все указанные критерии, за исключением подготовленных к разведке мезозойских структур в перспективных районах [7].

В нефтегазоносных и перспективных районах Азербайджана, несмотря на широкий стратиграфический диапазон нефтегазоносности, в основном выделяются два этажа нефтегазоносности: верхний — плиоценовый и нижний — мезозойский [2], разобщенные мощной глинистой толщей палеоген–миоцена, в разрезе которой в отдельных случаях встречаются небольшие скопления нефти в песчано-алевритовых пропластках и линзах, замкнутых в глинах.

Нижний мезозойский этаж нефтегазоносности характеризуется более сложным строением, неоднократными перерывами в осадконакоплении и несоответствием структурных планов отдельных стратиграфических интервалов разреза.

Поиски залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Азербайджана начались в основном в послевоенные годы. С 1960-х годов под руководством академика А.А. Ализаде были проведены обширные исследования мезозойских отложений Азербайджана с целью оценки перспектив их нефтегазоносности.

Однако, из-за недостаточной информативности геофизических данных о строении мезозойских отложений, неудовлетворительно обоснованными оказались подготовленные к разведке перспективные структуры. В подавляющем

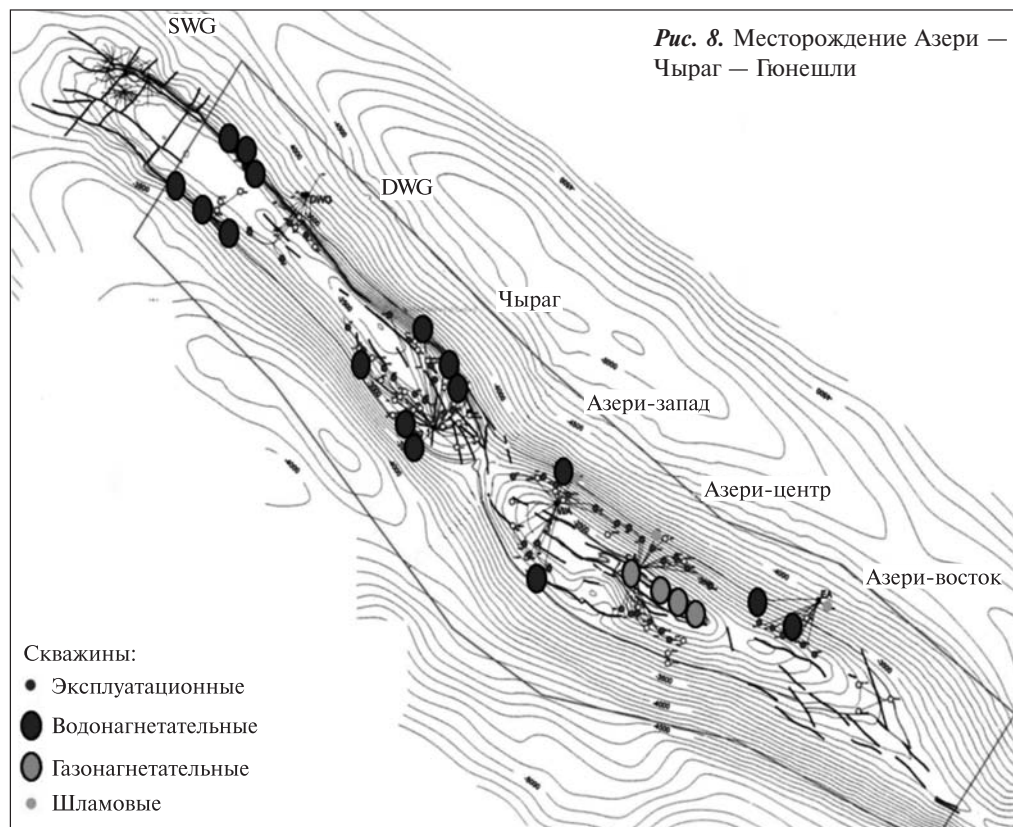


Рис. 8. Месторождение Азери — Чыраг — Гюнешли

большинстве случаев сейсморазведкой картируется размытая поверхность мезозойских отложений, а строение самого мезозойского комплекса остается невыясненным. Поэтому необходимо проанализировать фонд выявленных структур по мезозойским отложениям, выделив при этом выступы эрозионной поверхности мезозоя и собственно мезозойские структуры. Это позволит нам дать объективную оценку эффективности поисково-разведочных работ [5].

За всю историю поисково-разведочных работ на мезозойские отложения в Азербайджане в поисковое бурение введено 76 площадей (в том числе семь в море), пробурено свыше 300 скважин с общим объемом проходки более 1 млн м. Вместе с тем, степень разведанности мезозойских отложений еще не на должном уровне. Многие из проектированных на мезозойские отложения скважин либо не достигли проектной глубины и были ликвидированы по техническим причинам, не выполнив свои геологические задачи, либо, достигнув проектной глубины, вскрыли незначительную мощность мезозоя. Из ликвидированных по геологическим причинам 131 скважины 32 были остановлены в палеоген-миоценовых отложениях. Промышленные притоки нефти и газа из мезозойских отложений были получены в 34 скважинах в Прикаспийско-Губинском районе (Бегимдаг-Текчай, Кешчай, Советабат, Заглы-Зейва, Чандагар-Зарат и др.) и Евлах-Агджабединском прогибе (Мурадханлы, Джафарли, Зардаб и др.).

До 1980-х гг. основной объем поискового бурения на мезозойские отложения в Азербайджане был сконцентрирован в Прикаспийско-Губинском районе. Здесь

было сосредоточено 37 % пробуренных на мезозойские отложения скважин (на суше) с общим объемом проходки 291 тыс. м. Мезозойские отложения были вскрыты на 12 площадях в широком стратиграфическом диапазоне — от верхнего мела до триаса включительно (Агзыбирчала). Из 96 скважин, вскрывших мезозойские отложения в Азербайджане на 1000 м и более, 73 приходится на Прикаспийско-Губинский район.

Значительные перспективы поисков залежей нефти и газа в мезозойских отложениях связаны с Евлах-Агджабединским прогибом. Здесь они вскрыты на 12 площадях в вулканогенной, вулканогенно-осадочной и карбонатной фациях. Наибольший объем проходки поискового бурения на мезозойские отложения (40 %) был в этом районе. Из пробуренных на мезозой порядка 100 скважин 63 были сосредоточены на площади Мурадханлы. Промышленные скопления нефти установлены в вулканогенных образованиях на северо-восточном борту прогиба (Мурадханлы, Зардаб). Значительные дебиты продуктивных скважин на месторождении Мурадханлы (более 1000 т/сут в скв. 58, 300—500 т/сут в скв. 53 и др.) и получение высоконапорных вод из вулканогенных образований на ряде площадей Кюрдамирского района (Джарлы, Мурадханлы и др.) указывают на наличие регионального водонапорного комплекса, выдержанного на огромной территории Среднекуринской впадины.

Не увенчались успехом поисково-разведочные работы на мезозойские отложения на Апшеронском п-ове и прилегающем шельфе. Пробуренные здесь поисковые скважины в подавляющем большинстве случаев не вскрыли мезозойские отложения (Фатмаи, Кирмаку, Бинагади, Зигилпири, Шорбулаг, Аташгах, Бузовна, о. Пираллахи, Нефт Дашлары).

Таким образом, вопрос оценки перспектив нефтегазоносности мезозойских отложений на Апшеронском п-ове и прилегающем шельфе остается нерешенным. В этой связи необходимо проведение здесь детальных сейсмических исследований в комплексе с высокоточными гравиметрическими работами и сверхглубоким параметрическим бурением (6000—7000 м) с целью изучения строения, стратиграфии и фации коллекторов мезозойских отложений и обоснования целесообразности дальнейших поисково-разведочных работ. Место заложения параметрической скважины может быть обосновано после выяснения строения нижнего мезозойского этажа нефтегазоносности [7].

Таким образом, значительный объем проведенных в течение длительного времени поисково-разведочных работ на мезозойские отложения в Азербайджане не привел к каким-либо крупным открытиям, а в ряде районов не представляется возможным дать однозначную оценку перспектив их нефтегазоносности.

Основные причины отрицательных результатов поисково-разведочных работ на мезозойские отложения:

- низкий уровень подготовленности объектов разведки. Большинство охваченных поисковым бурением площадей представляют собой выступы эрозионной поверхности мезозоя, а не собственно мезозойские структуры. В ряде случаев глубокие параметрические скважины на мезозой не были достаточно обоснованными.

- большинство мезозойских скважин не были доведены до проектных глубин, были остановлены в палеогеновых отложениях или вскрыли незначительную мощность мезозоя.

С учетом вышесказанного, основные направления научных исследований и поисково-разведочных работ на мезозойские отложения таковы:

- анализ результатов поисково-разведочных и геофизических работ и разработка конкретных рекомендаций по оценке перспектив нефтегазоносности мезозойских отложений для отдельных нефтегазоносных районов Азербайджана и первоочередных объектов разведки.
- разработка и внедрение методики поисков и разведки залежей нефти и газа в мезозойских отложениях, в том числе в различных морфогенетических типах ловушек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дадашев Ф.Г. К перспективам газоносности структуры Абшерон. *Азербайджанское Нефтяное Хозяйство*. 2011. № 4. С. 3—6.
2. Ализаде А.А., Салаев С.Г., Алиев А.И. Научная оценка перспектив нефтегазоносности Азербайджана и Южного Каспия и направление поисково-разведочных работ. Баку: ЭЛМ, 1985. 252 с.
3. Юсифзаде Х.Б., Велиева Э.Б. Нефтегазовая промышленность Азербайджана: состояние, проблемы, перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. Москва. 1994. С. 36—41.
4. Каграманов К.Н. Литолого-коллекторские свойства и перспективы нефтегазоносности Калинской свиты Апшеронской нефтегазоносной области. *Geophysics newsin Azerbaijan*. 2001. № 2. С. 30—33.
5. Гулиев И.С., Шихалиев Ю.А., Фейзуллаев А.А., Кочарли Ш.С. К концепции геолого-разведочных работ по подготовке ресурсов углеводородов в Азербайджане. *Азербайджанское Нефтяное Хозяйство*, 2014. № 9. С. 8—15.
6. Алиев А.И., Рзаев М.М. Газоносность больших глубин и грязевой вулканизм Южно-Каспийской впадины. *Советская геология*. 1984. № 6. С. 31—40.
7. Алиев А.И., Рзаев М.А., Эфендиева С.Т. Анализ результатов и перспективные направления поисково-разведочных работ на мезозойские отложения в Азербайджане. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 1996. № 10. С. 1—7.

Статья поступила 27.06.2016

К.М. Каграманов, Р.В. Велиев

ПЕРСПЕКТИВНІ НАФТОГАЗОНОСНІ СТРУКТУРИ ГЛИБОКОГО ЗАЛЯГАННЯ ПІВДЕННОКАСПІЙСЬКОЇ ЗАПАДИНИ

Основні ресурси нафти й газу регіону пов'язані із продуктивно-червоноколірною товщею нижнього пліоцену. Палеоген-міоценові та мезозойські відклади Південного Каспію занурені на велику глибину, перспективи їх нафтогазоносності пов'язані з найбільш піднятими тектонічними зонами. Для оцінки перспектив нафтогазоносності Мз відкладів необхідні детальні сейсмічні дослідження в комплексі з високоточними гравіметричними роботами і надглибоким параметричним бурінням.

Ключові слова: Південнокаспійська западина, мезокайнозойські відклади, продуктивні горизонти.

G.N. Kagramanov, R.V. Veliyev

PROSPECTIVE DEEP OIL-GAS FEATURES IN THE SOUTH CASPIAN BASIN

Fundamental oil and gas resources in South Caspian are related with red-productive thickness by Lower Pliocene. The Paleogene-Miocene and Mesozoic deposits in the waters of the South Caspian are submerged to great depths, and their oil-gas prospects are associated with the most uplifted tectonic zones. For the Mesozoic sediments oil-gas potential to be estimated, detail seismic investigation in association with and superdeep parametric drilling are necessary.

Key words: South Caspian hollow, Mesozoic-Cenozoic sediment, production