



УДК 550.8:553.98(479.24)

## О СОВРЕМЕННОЙ СТРАТЕГИИ ПОИСКОВ НЕФТИ И ГАЗА В АЗЕРБАЙДЖАНСКОМ СЕКТОРЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

**А.А.Фейзуллаев** (Институт геологии НАН Азербайджана), **Ю.А.Шыхалиев** (Геолого-геофизическое Управление Государственной нефтяной компании Азербайджана)

В статье дана оценка современной стратегии поисков нефти и газа в азербайджанском секторе Каспийского моря. Предлагается более эффективная технология поисково-разведочных работ в ее глубоководной части за счет внедрения новых научно-обоснованных концепций и современных методов и подходов.

**Ключевые слова:** нефть и газ; поиски; стратегия; Каспийское море; Азербайджан.

Как известно, в настоящее время нефтегазовая отрасль народного хозяйства Азербайджана составляет основу ее бюджета. Она будет играть главную роль в жизни республики и в будущем. В этой связи ученых и специалистов, занимающихся в этой области, не могут

не волновать перспективы выявления здесь новых месторождений УВ-сырья и прироста их запасов. Однако на этот счет нет однозначного мнения. Прогнозные оценки, выполненные различными отечественными и зарубежными учеными, сильно расходятся. В стратегии поисков месторождений нефти и газа продолжают довлеть консерватизм и старые традиционные подходы, которые, как показала практика геолого-разведочных работ последних лет, малоэффективны в новых геологических и технологических условиях их проведения.

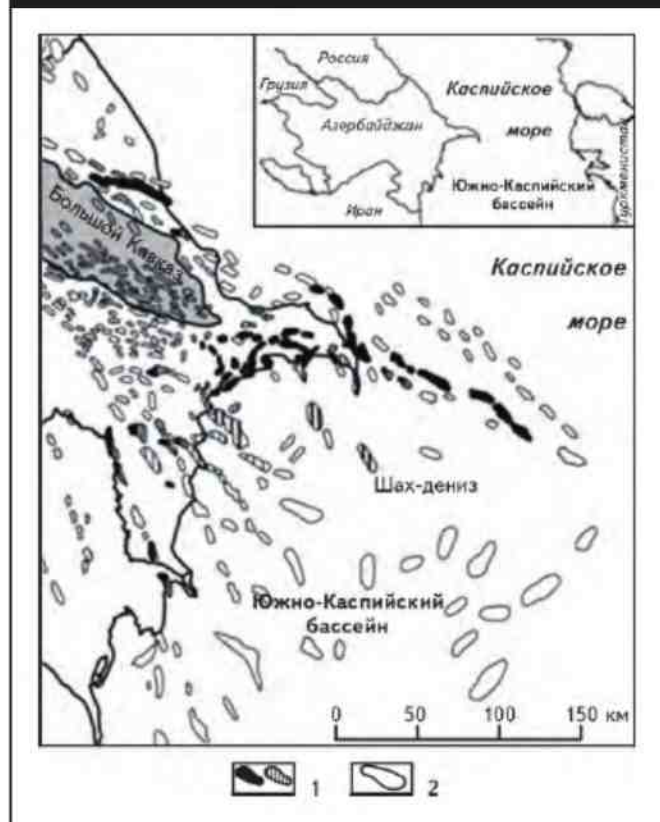
Рассмотрим особенности геологического строения и современное состояние нефтегазоносности азербайджанского сектора Каспийского моря (морская часть Южно-Каспийского бассейна), с которым связываются основные надежды на открытие промышленных скопелений УВ в республике.

### Особенности геологического строения и современной стратегии поисков УВ в Южно-Каспийском бассейне

Результаты многолетних комплексных исследований Южно-Каспийского бассейна, особенно в последние 15 лет, с применением самых современных методов (3D-сейсморазведка, сиквенс-стратиграфия, изотопно-геохимические анализы ОВ, нефти и газа, бассейновое моделирование и т.д.) позволяют с уверенностью утверждать о его гетерогенности (неоднородности). Это находит подтверждение в неравномерном региональном нефтегазонасыщении Южно-Каспийского бассейна (рис. 1).

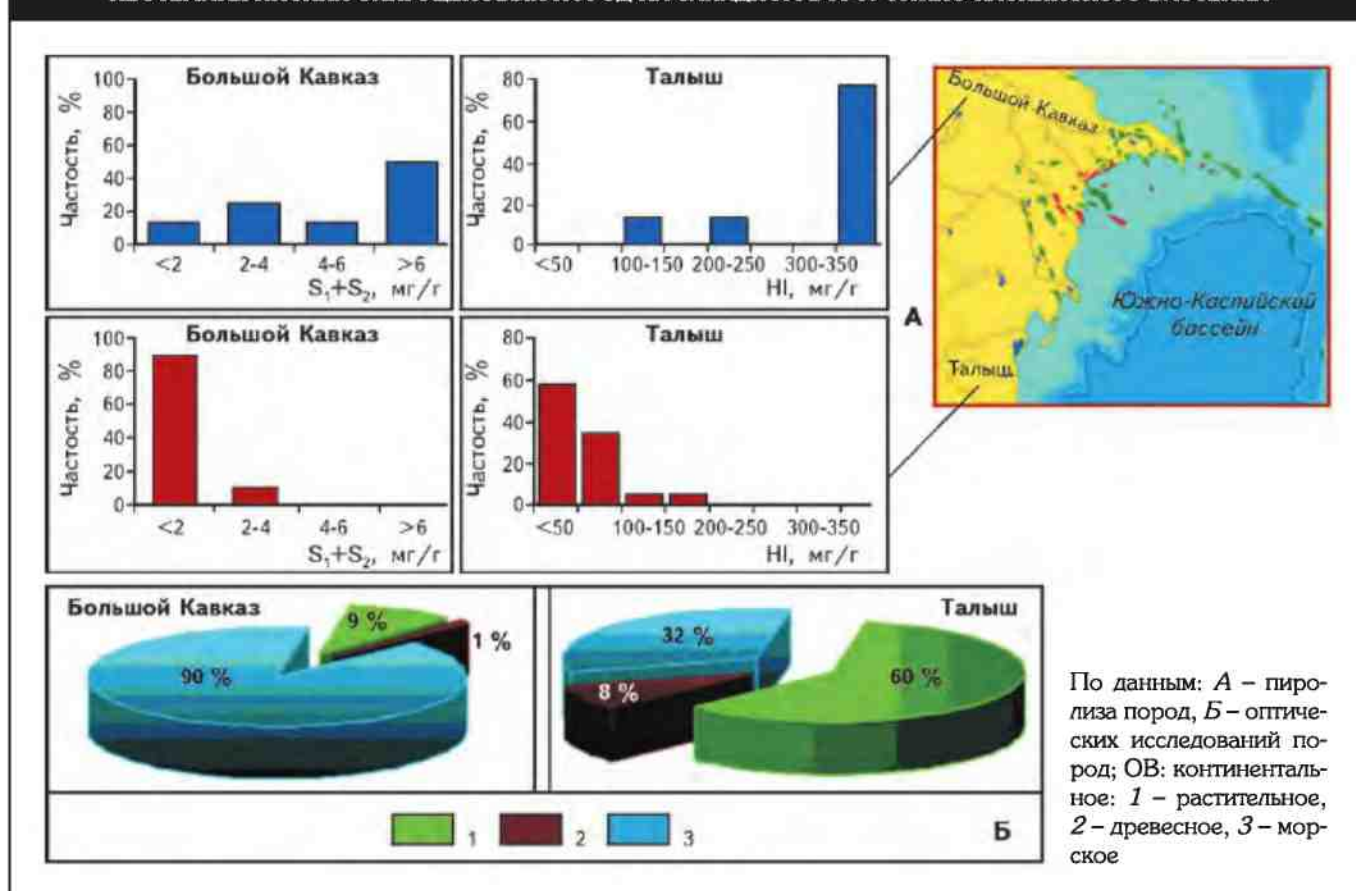
Неоднородность бассейна подтверждается выявленными изменениями в пространстве количественной и качественной характеристик ОВ (рис. 2), геохимических и термобарических условий (рис. 3) его преобразования в УВ, фациального состава (рис. 4) и фильтра-

Рис. 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР



Структуры: 1 – нефтегазоносные, 2 – перспективные

Рис. 2. ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОЛИГОЦЕНОВЫХ ПОРОД НА ЗАПАДНОМ БОРТУ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА



По данным: А – пиролиза пород, Б – оптических исследований пород; ОБ: континентальное: 1 – растительное, 2 – древесное, 3 – морское

ционно-емкостных свойств пород, условий сохранности УВ и т.д. Как следствие, установлена пространственная неравномерность регионального нефтегазонасыщения главного резервуара Южно-Каспийского бассейна – продуктивной толщи (нижний плиоцен) (см. рис. 1).

Анализируя итоги более чем вековой истории поисково-разведочных работ и результатов бурения, можно отметить, что промышленная нефтегазонасыщенность Южного Каспия установлена главным образом в его северной части (Апшеронский архипелаг и прилегающий Апшеронский полуостров, а также северная часть Бакинского архипелага) (см. рис. 1). Это связано с тем, что в северной части южного Каспия существовали исключительно благоприятные условия для формирования месторождений нефти и газа, выражающиеся в нижеследующем:

- во-первых, здесь, благодаря благоприятным палеогеографическим условиям осадконакопления, были сформированы богатые ОБ достаточно мощные отложения, способные генерировать нефть и газ;

- во-вторых, высокая скорость прогибания этих отложений на большие глубины (Южно-Апшеронский прогиб) способствовала формированию благоприятных

температурных условий для преобразования ОБ в нефть и газ;

- в-третьих, здесь существовали благоприятные тектонические условия как для первичной, так и вторичной миграции УВ;

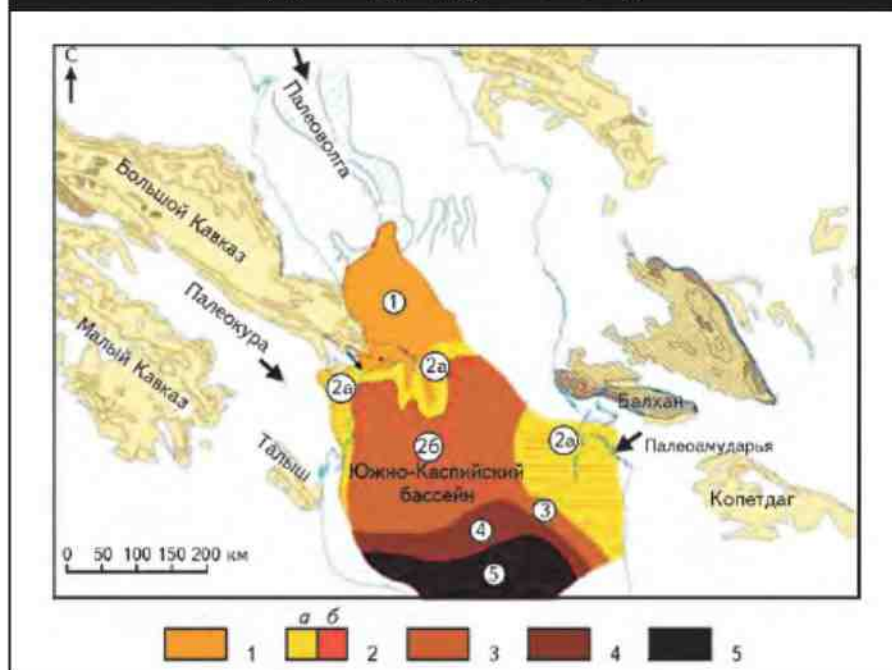
- в-четвертых, к началу массовой эмиграции УВ из нефтематеринских пород здесь уже существовали ловушки для формирования промышленных скоплений УВ;

- в-пятых, накопление здесь дельтовых, богатых кварцем, осадков Палеоволги способствовало формированию резервуаров с исключительно благоприятными фильтрационно-емкостными свойствами;

- в-шестых, благоприятные условия сохранения залежей: наличие регионального (акчагыльская свита) и внутриформационных флюидоупоров, а также молодой возраст залежей (небольшая продолжительность времени разрушения залежей в случае отсутствия регионального флюидоупора (как, например, на крупных месторождениях Балаханы и Апшерон-Кюпаси).

При отмеченных условиях применявшаяся в Апшеронском нефтегазонасыщенном районе упрощенная технология поисков УВ, заключавшаяся в выявлении по данным сейсморазведки антиклинальных структур и их

**Рис. 3. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА В НИЖНЕПЛИОЦЕНОВОЕ ВРЕМЯ (верхний отдел продуктивной толщи)**



Ассоциации фаций осадков: 1 – речных, 2 – речных и дельтовых со средним (а) и низким (б) коэффициентами песчаности, 3 – шельфовых окраин, 4 – склонов, 5 – глубоководных озерных

проверке на наличие промышленных скоплений УВ бурением поисково-разведочных скважин, сформировала ложное мнение об универсальности этой технологии и эффективности ее применения в любой части бассейна. Однако практика показала ошибочность такого подхода и необходимость более гибкой технологии поисков УВ.

В связи с этим закономерен вопрос: а каковы же перспективы прироста запасов и стабилизации добычи УВ в Южном Каспии и что необходимо сделать для их претворения в жизнь?

В настоящее время все ранее выявленные в Апшеронском архипелаге структуры разведаны (за исключением двух структур) и поиски УВ сместились на юг, включая глубоководную часть бассейна, которые продолжают проводиться с использованием традиционных подходов, т.е. исходя из принципа гомогенности (однородности) бассейна. Однако пока они не дали желаемых результатов.

#### **Пути повышения эффективности поисков нефти и газа в азербайджанском секторе Южного Каспия**

Учитывая, что перспективы центральной и южной частей Бакинского архипелага, а также глубоководной

части Каспия в настоящее время не выяснены или дискуссионны, а результаты разведочного бурения неутешительны, то использование здесь традиционной технологии поисков (хотя и эффективной в геологических условиях Апшеронского архипелага) представляется нецелесообразным. Тем более что стоимость поисковой скважины в условиях больших глубин моря и прогнозируемых глубин резервуаров превышает 100 млн дол. В связи с этим весьма актуально внедрение здесь подходов и методов, снижающих экономический и технологический риски поисков УВ. Нет сомнения, что поиски УВ здесь должны предварять серьезные фундаментальные научные исследования с привлечением широкого комплекса геофизических, геологических, геохимических и других данных и использованием 3D-бассейнового моделирования.

Альтернативным решением этой проблемы может стать внедрение в практику поисков УВ в слабо-разведанной части Южного Каспия

метода прямой диагностики нефтегазоносности перспективных структур по данным сейсморазведки.

Термин *прямая диагностика УВ* стал использоваться в практике сейсморазведки более 30 лет назад, начиная с эры выявления “яркого пятна” [1], отражающего содержание в резервуаре УВ. С этого времени эффект свойств поровых флюидов в сейсмических полях стал серьезно исследоваться. Для этого в различных научных центрах мира были начаты лабораторные и опытно-экспериментальные исследования по изучению сейсмических свойств пород, насыщенных различными флюидами (вода, нефть, газ). Выполненные в течение последних 20 лет экспериментальные исследования, а также интенсивное совершенствование технологии обработки и интерпретация данных сейсморазведки позволили изучить проблему флюидного контроля петрофизических свойств пород, служащего основой для разработки метода прямого прогноза скоплений нефти и газа в недрах осадочных бассейнов. В настоящее время этот метод успешно применен в различных районах России, Китае, Вьетнаме и Латинской Америке.

Для диагностики в резервуаре УВ наиболее широко используется метод AVO (изменение амплитуды отраженной волны), который, по- существу, является усовершенствованной версией метода «яркого пятна».

Наличие четких прямых индикаторов УВ, которые были использованы для оценки перспектив неразбуренных площадей и прогноза ожидаемого типа УВ, демонстрирует пример анализа сейсмических данных по морской части Нидерландов. Здесь во всех трех разведочных скважинах, пробуренных на объекты, предварительно оцененные как перспективные, в результате прямой диагностики по сейсмическим данным были обнаружены УВ [2].

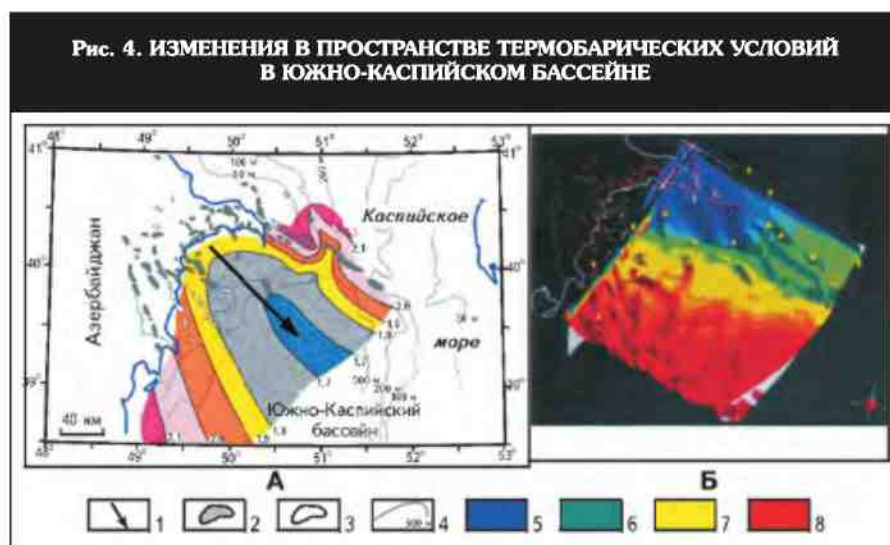
Эффективность прямой диагностики нефтяных и газовых резервуаров доказали результаты экспериментов в Мексиканском заливе, где в более чем 90 скважинах, пробуренных на 20 площадях, совпадение данных сейсморазведки с результатами бурения составило более 90 % [3].

Полное совпадение прямого сейсмического 3D-прогноза потенциальных нефтегазовых зон с результатами бурения было отмечено и в Западном Китае [4]. Согласно статистике, основанной на результатах бурения 65 скважин на 6 месторождениях нефти в Китае, залегающих на глубинах более 5 км, успешность прямой диагностики сейсмическим методом составила 73 % [5].

Определенные успехи в этом вопросе достигнуты и азербайджанскими геофизиками. Так, разработанные в НИИ геофизики Государственной нефтяной компании Азербайджана методика, технология и пакет программ комплексной обработки и интерпретации данных сейсморазведки и ГИС [6], их опытно-экспериментальная апробация в Южно-Каспийском бассейне на месторождении Шах-дениз и практическое применение при оценке перспектив нефтегазоносности структуры Ялама-Самур подтвердили достаточную эффективность прямой диагностики.

Месторождение *Шах-дениз* является шельфовым газоконденсатным, выявленным в 1999 г. Оно расположено в азербайджанском секторе Каспийского моря, в 70 км к юго-востоку от Баку. Глубина моря в районе месторождения — от 50 до 650 м. Площадь газоносного района — около 860 км<sup>2</sup>. Эксплуатация первой скважины глубиной 6,5 тыс. м, пробуренной со стационарной добывающей платформы на глубине моря 105 м, началась 2006 г. с дебитом газа 5,6 млн м<sup>3</sup>/сут из продуктивной толщи (нижний плиоцен), являющейся главным резервуаром Южно-Каспийского бассейна, на который приходится более 90 % современной добычи УВ.

Для изучения месторождения Шах-дениз использован временной разрез одного из 3D-профилей. Ка-



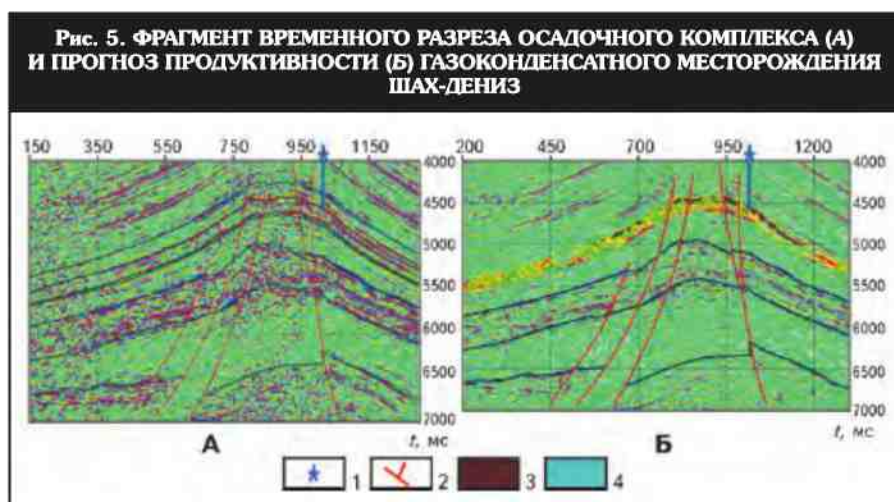
А – температурные градиенты: 1 – направление уменьшения градиентов; структуры: 2 – нефтегазоносные, 3 – перспективные; 4 – изолинии глубин моря; Б – пластовые давления: 5 – нормальные, 6 – умеренные, 7 – повышенные, 8 – аномально высокие

чество разреза достаточно высокое и хорошо отражает основные элементы геологического строения разреза (рис. 5). На этом профиле были выделены и трассированы сейсмические горизонты, соответствующие различным свитам продуктивной толщи.

Комплексная интерпретация сейсмических и скважинных данных с использованием описанной методики позволила более детально оценить петрофизические параметры (скорость, пористость, песчаность/глинистость и т.д.) отложений и прогнозировать основные продуктивные объекты на изучаемом профиле (см. рис. 5). Эти объекты относятся к свите Перерыва продуктивной толщи. Сопоставление пространственного положения прогнозных объектов с реальными продуктивными объектами, выявленными в разведочной скважине, показало их удовлетворительное совпадение (см. рис. 5).

Хорошая корреляция сейсмических данных с выявленными по результатам бурения промышленными скоплениями УВ в разрезе продуктивной толщи площади Шах-дениз служит хорошей предпосылкой для широкого внедрения разработанной методологии в прогнозных целях на структурах Южно-Каспийского бассейна с невыясненными перспективами.

Благоприятным фактом для использования прямой диагностики УВ в глубоководной части Южно-Каспийского бассейна являются также установленная смена фазового состояния УВ от бортовых частей к глубоководной ее части и прогноз наличия здесь преимущественно газовых/газоконденсатных месторождений. Опытные-экспериментальные исследования показали что, сейсмический метод особенно эффективен при прямой



1 – продуктивные скважины; 2 – разломы; пласт: 3 – продуктивный, 4 – водоносный

верхностью эффузивных пород и кристаллического фундамента, зонами дробления пород и т.д. По существующим оценкам примерно 30-40 % зарубежных нефтяных запасов приурочено к ловушкам неантиклинального типа. Однако до сих пор эффективность выявления таких ловушек традиционными геолого-геофизическими методами была значительно ниже, чем антиклинального типа. В связи с этим их целенаправленные и широкомасштабные поиски, как правило, не проводились. Выявлялись они обычно попутно, поэтому частота открытия и соотношение отдельных типов скопленений нефти и газа в различных

диагностике газонасыщенных интервалов осадочного разреза по сравнению с нефтенасыщенными [7, 8].

Тем не менее, учитывая высокий экономический и технологический риск бурения скважин в глубоководной части Южно-Каспийского бассейна, для его минимизации было бы целесообразно комплексирование сейсмического метода с другими прямыми методами, прежде всего с поверхностной газогеохимической съемкой.

В этой связи важно отметить, что уже известны попытки применения такой интегрированной системы поисков [9]. Так, использование геохимических поисков в комплексе с 3D-сейсморазведкой в Канаде увеличило успешность бурения до 71 %, в то время как успех при использовании только сейсмических данных составлял около 34 % [9].

В Азербайджане проводились поверхностные газогеохимические поиски в промышленных масштабах как на суше, так и в море. Анализ этих результатов показал, что эффективность позитивного прогноза составляет 75-87 %, в то время как успешность негативного прогноза достигает 95-100 % [10].

Все отмеченное служит убедительной основой для рекомендации прямых сейсмических (а возможно, в комплексе с газогеохимическими) методов поиска в практике поисково-разведочных работ в центральной глубоководной части Южно-Каспийского бассейна.

Говоря о современной стратегии поисков в Южном Каспии, важно отметить также необходимость продолжения поисков УВ в Апшеронском архипелаге, даже несмотря на то, что все выявленные здесь структуры уже разведаны. Дело в том, что хотя подавляющая часть известных месторождений УВ в мире как по их числу, так и запасам связана с антиклинальными ловушками, однако известны промышленные скопления нефти и газа и неантиклинального типа, связанные со стратиграфически и литологически-экранированными ловушками, рифовыми постройками, эродированной по-

бассейнах мира зависели главным образом от степени их разведанности. Наглядным примером являются хорошо разведанные нефтегазоносные бассейны США. Огромный размах проводимых здесь поисково-разведочных работ обусловил выявление промышленных скопленений УВ не только антиклинального, но и неантиклинального типа (стратиграфического, литологического и комбинированного). Поэтому месторождений неантиклинального типа в США обнаружено значительно больше, чем в других странах мира. Так, в штате Оклахома из 3300 месторождений нефти и газа две трети относятся к неантиклинальному типу.

Имеется много примеров и по другим зарубежным объектам, свидетельствующих о том, что в литологических и стратиграфических ловушках может содержаться огромное количество нефти и газа. С неантиклинальными ловушками связаны крупные и гигантские месторождения УВ России, такие как Уренгойское, Губкинское, Салымское, Приобское. С неантиклинальными сложнопостроенными ловушками основных продуктивных комплексов крупнейших нефтегазоносных провинций (Западно-Сибирской, Волго-Уральской, Тимано-Печорской) связывается более половины прогнозных ресурсов нефти и газа.

В связи с этим естественно предположить, что обнаружение залежей стратиграфического и литологического типов можно ожидать и в других разведанных бассейнах. Это в полной мере относится и к старейшему Южно-Каспийскому бассейну, где в нижнеплиоценовое время происходило последовательное расширение его границ, сопровождавшееся высокими скоростями накопления дельтовых осадков. Это благоприятствовало фаціальным изменениям в пространстве, формированию угловых и стратиграфических несогласий и т.д., а в итоге широкому развитию здесь различных форм стратиграфических и литологических ловушек (регио-

нальные и локальные зоны выклинивания, клиноформы, древние русла реки, песчаные бары, линзы и т.д.). По ряду сейсмостратиграфических критериев в осадочном чехле Южно-Каспийского бассейна выделяются седиментационные тела, связанные с турбидитными потоками, обвалами, оползнями и конусами выноса. Эти тела, погребенные под молодыми глинистыми осадками, могут также способствовать образованию нетрадиционных ловушек для скопления УВ.

Тем не менее до сих пор они были вне поля зрения геофизиков, а все поисковые работы базировались исключительно на антиклинальной концепции формирования месторождений УВ. Как отмечалось, это объяснялось тем, что технология поисков антиклинальных ловушек была значительно проще и эффективнее по сравнению с поисками скоплений в ловушках неантиклинального типа, а также наличием достаточного фонда выявленных, но еще не разведанных антиклинальных структур. Однако современная ситуация такова, что фонд всех высокоперспективных структур на Апшеронском архипелаге практически исчерпан. Наряду с этим достигнутые в последние годы успехи в технологии проведения сейсморазведки, разработке прогрессивных методов и приемов интерпретации полученных данных и появление таких новых подходов и методов, как сиквенс-стратиграфия, сейсмостратиграфия, AVO-анализ и т.д., существенно повысили эффективность прогнозирования геологического разреза. Это является хорошей предпосылкой для начала нового этапа стратегии поисков УВ, ориентированной на картирование стратиграфических и литологических ловушек и оценки их нефтегазоносности.

В связи с этим важно отметить, что на Апшеронском полуострове известно попутное обнаружение комбинированных (структурно-стратиграфических и структурно-литологических) скоплений нефти и газа в калинской (КаС), подкирмакинской (ПК) и кирмакинской (КС) свитах нижнего отдела продуктивной толщи. Первоочередными задачами в настоящее время являются картирование и оценка нефтегазоносности региональных зон выклинивания подошвенных свит продуктивной толщи (КаС и ПК).

Реализация важнейшего условия стабилизации добычи нефти и газа — прироста их запасов — в Южно-Каспийском бассейне должна осуществляться за счет поисково-разведочных работ как в новых неразведанных регионах, так и старых нефтегазоносных районах (с развитой инфраструктурой и избытком трудовых ресурсов), а также внедрения новых научнообоснованных концепций и более эффективных современных методов и подходов.

Для повышения эффективности и минимизации риска при поисках нефти и газа в центральной глубоководной части Южного Каспия рекомендуется использование прямых сейсмических методов (возможно, в комплексе с газогеохимическим методом).

В хорошо разведанной части Южного Каспия (Апшеронский архипелаг) предлагается ориентировать исследования на картирование стратиграфических и литологических ловушек и оценку их нефтегазоносности.

#### Литература

1. Sheriff R.E. Factors Affecting Seismic Amplitudes / R.E.Sheriff // *Geophys. Prosp.* — 1975. — № 23.
2. Bloml F. Application of direct hydrocarbon indicators for exploration in a Permian-Triassic play, offshore the Netherlands / F.Bloml, M.Bacon // *First break.* — 2009. — V. 27.
3. Walls J. Recent Example of Seismic Attenuation as a Gas Indicator / J.Walls, M.T.Taner, J.Dvorkin et al. // *Seismic Evaluation of Hydrocarbon Saturation in Deep-Water Reservoirs.* — 2003.
4. Hu X. New Technology for direct hydrocarbon reservoir detection using seismic information. SEG / X.Hu, Y.Chen, X.Liang, K.Lang // *Annual Meeting.* — Houston, 2005.
5. He Z. Hydrocarbon detection with high-powered spectral induced polarization: two cases / Z.He, P.Liu, X.Cui // *75th SEG meeting, Houston, Texas, 6-12 november 2005.*
6. Шыхалиев Ю.А. К вопросу прогнозирования зон аномально высоких пластовых давлений по данным сейсморазведки / Ю.А.Шыхалиев, Г.Е.Гаузер // *Геофизика.* — 2006. — № 1.
7. Blackburn G.J. Direct hydrocarbon detection: some examples / G.J.Blackburn // *Exploration Geophysics.* — 1986. — № 17(2).
8. Klimentos T. Attenuation of P- and S-waves as a method of distinguishing gas and condensate from oil and water / T.Klimentos // *Geophysics.* — 1995. — V. 60.
9. Schumaker D. Surface hydrocarbon detection shows promise / D.Schumaker, J.Gervitz, G.Rice et al. // *Workshop sponsored by PTTC's Eastern Gulf Region, February, 1999.*
10. Feyzullayev A.A. Tectonic Control on Fluid Dynamics and Efficiency of Gas Surveys in Different Tectonic Settings / A.A.Feyzullayev, M.F.Tagiyev, I.Lerche // *Energy Exploration and Exploitation.* — 2008. — V. 26. — № 6.

© А.А.Фейзуллаев, Ю.А.Шыхалиев, 2016

Акпер Акпер оглы Фейзуллаев,  
руководитель отдела,  
доктор геолого-минералогических наук,  
fakper@gmail.com;

Юсиф Атаман оглы Шыхалиев,  
заместитель начальника,  
кандидат геолого-минералогических наук,  
yusif.shikhaliyev@socar.az.

#### ABOUT PRESENT STRATEGY FOR OIL AND GAS SEARCH IN THE AZERBAIJAN SECTOR OF THE CASPIAN SEA

Feyzullayev A.A. (Geology Institute of Azerbaijan National Academy of Science), Shykhaliyev Y.A. (Geology & Geophysics Department of State Oil Company of the Azerbaijan Republic)

The paper gives the assessment of the present strategy for oil and gas search in the Azerbaijan sector of the Caspian Sea. More efficient technology of search and prospecting in the deep-water part is proposed, using new scientific conceptions and modern methods and approaches.

**Key words:** oil; gas; search; strategy; Caspian Sea; Azerbaijan.