

УДК 553.98

DOI 10.31087/0016-7894-2019-5-33-43

## Газоносность верхней части осадочного чехла Южного Каспия

© 2019 г. | А.В. Полетаев

Институт нефти и газа Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан; avo1@mail.ru

Поступила 29.07.2019 г.

Принята к печати 07.08.2019 г.

**Ключевые слова:** *газовая съемка; Южный Каспий; разломы; грязевые вулканы; газоносность.*

Изучение газов верхней части разреза Южного Каспия, особенно в ее глубоководной части, имеет практическое значение для поисковых работ и оценки углеводородного потенциала зон газогидратов. Автором статьи изучены распределения интенсивности проявления углеводородных газов по площади, выявлены зоны газогенерации, а также определены и проанализированы пути миграции углеводородов в пределах глубоководной зоны Южного Каспия. Были исследованы 1282 пробы газа, отобранные в Южном Каспии на месторождениях Шах-Дениз, Бахар, Пираллахи, Хали, в глубоководной части Южного Каспия и др., а также проанализированы геолого-геофизические данные. В статье проинтерпретированы данные газовой съемки и приведены изотопный и химический составы углеводородных газов Южного Каспия по 147 пробам газа, отобранным из нефтегазовых месторождений, 153 пробам из грязевых вулканов, 29 пробам донных осадков и 4 пробам газогидратов. В результате исследования построены карты изменения содержания метана, этана, пропана, бутана, изо-, нормального пентана в пределах верхней части разреза по изучаемым месторождениям. Сопоставлены данные газовой съемки со структурными картами и другими геолого-геофизическими материалами. Исходя из анализа изменения интенсивности проявления газа по площади и в зависимости от геологических условий установлено, что грязевые вулканы и разломы служат путями миграции углеводородов и отражают геологическую обстановку, генерационный потенциал погруженных отложений Южного Каспия. Углеводородные газы в донных осадках и отложениях верхней части разреза южной части Каспийского моря находятся в тесной зависимости от источников формирования углеводородов, миграции и других процессов, протекающих в глубоководных отложениях, а также в верхней части разреза.

Для цитирования: Полетаев А.В. Газоносность верхней части осадочного чехла в Южном Каспии // Геология нефти и газа. – 2019. – № 5. – С. 33–43. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-5-33-43.

## Gas bearing capacity of the upper part of sedimentary cover in the Southern Caspian

© 2019 | A.V. Poletayev

Oil and gas Institute of National academy of sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan; avo1@mail.ru

Received 29.07.2019

Accepted for publication 07.08.2019

**Key words:** *gas survey; South Caspian; faults; mud volcanoes; gas content.*

Studies of gases of the near-surface of the Southern Caspian, especially in its deep-water part, is of great practical importance for exploration, prospecting activities and estimating hydrocarbon potential of gas hydrate zones. The purpose of the research is to study the distribution of hydrocarbon gases intensity over the area, as well as the detection of gas generation zones. 1282 gas samples taken from the South Caspian fields (Shah Deniz, Bakhar, Pirallahi, Khali) and deep-water South Caspian areas were examined together with the other geological and geophysical data. Data on the chemical and isotope composition of 147 hydrocarbon gas samples taken from oil and gas fields of South Caspian basin, 153 samples from mud volcanoes, 29 samples from bottom sediments and 4 samples from gas hydrates were interpreted. Research methods are based on interpretation of gas survey data and isotope and chemical composition analysis of South Caspian hydrocarbon gases. As a result of the studies maps of the change in methane, ethane, propane, butane content within the near-surface of the studied deposits were created. Based on the analysis of intensity variations of gas manifestations over the area and depending on the geological conditions it is found that mud volcanoes and faults are the most probable hydrocarbon migration paths; they reflect geological settings and generation potential of the deep-seated deposits of the Southern Caspian. Hydrocarbon gases in seafloor and near-surface sediments of the South Caspian column are closely associated with the sources of hydrocarbon formation, migration and other processes in deep and near-surface sequences.

For citation: Poletayev A.V. Gas bearing capacity of the upper part of sedimentary cover in the Southern Caspian. *Geologiya nefiti i gaza*. 2019;(5):33–43. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-5-33-43.

Изучению нефтегазоносности Южного Каспия посвящено значительное число работ [1–20]. В работах [3–9, 12, 13] детально представлены результаты

геохимических исследований водорастворенных газов, газов донных осадков и морской воды, а также критерии оценки нефтегазоносности основной неф-



## FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

тегазоносной свиты Азербайджана — продуктивной толщи и подстилающих отложений. Углеводородные газы Азербайджана изучались главным образом для поисков новых нефтяных и газовых месторождений. В связи с этим основные исследования были сконцентрированы на изучении продуктивных горизонтов продуктивной толщи и подстилающих отложений, характеризующихся благоприятными условиями для поисков УВ. Область развития этих отложений с установленной нефтегазоносностью по удельным плотностям потенциальных ресурсов УВ относится к высшей категории перспективных территорий (акваторий). В глубоководной части Южно-Каспийской впадины мощность продуктивной толщи достигает 5000–6000 м и сокращается на западном борту, составляя: 1500–3000 м — в апшеронском периклинальном прогибе, 2000–4000 м — в Нижнекуруинской впадине и до 5000 м — в районе Бакинского архипелага [4, 6, 8, 12]. Отложения продуктивной толщи представлены преимущественно дельтовыми образованиями (Палеоволга, Палеокура и др.) и ритмичным чередованием песчано-алевритовых и глинистых пород. Ритмичное чередование песчаных коллекторов и глинистых покрышек и благоприятные структурные условия обусловили насыщение УВ всего разреза апшеронской фации продуктивной толщи, где выделяется до 40 нефтегазоносных объектов. С апшеронской фацией продуктивной толщи связаны также такие крупные открытия в Азербайджане, как Азери-Чираг-Гюнешли, Шах-Дениз, Нефт-Дашлары и др. Более молодые отложения, накопившиеся до апшеронского регионаруса, в подавляющем случае состоящие из глинистых осадков, не представляли интереса. Во многих работах эта зона описывается как нерасчлененная толща четвертичных отложений [7]. Верхняя часть разреза месторождений Кяпаз, Калмаз и др. была изучена геохимическими методами для проведения инженерно-изыскательных работ.

Несмотря на это, изучение газов верхней части разреза Южного Каспия, особенно в ее глубоководной части, имеет большое практическое значение для поисковых работ и оценки УВ-потенциала исследуемых зон.

### Результаты исследований

Для анализа геохимической обстановки на месторождениях Шах-Дениз, Бахар, Пираллахи, Хали и глубоководной части Южного Каспия построены карты изменения содержания метана, этана, пропана, бутана, изо-, нормального пентана и суммы тяжелых УВ в пределах верхней части разреза. Проведение в этой зоне газовой съемки позволило установить области повышенной и пониженной газонасыщенности отложений. Структура Бахар (рис. 1, 2) характеризуется относительно пониженной интенсивностью газопроявления по метану — от  $5,37 \cdot 10^{-4}$  до  $152\,944 \cdot 10^{-4}$  % (в среднем  $9109,0354 \cdot 10^{-4}$  %), в то время как место-

рождение Шах-Дениз отличается максимальными значениями — от  $4,62 \cdot 10^{-4}$  до  $367\,840 \cdot 10^{-4}$  %, в среднем составляющими  $85\,572,3 \cdot 10^{-4}$  %. Грязевой вулкан в зоне структуры Бахар имеет канал, установленный в глубоководных отложениях продуктивной толщи (рис. 3). Практически вся структура Шах-Дениз характеризуется повышенными значениями газоносности.

Месторождение Бахар разрабатывается с 1969 г., а месторождение Шах-Дениз находится в стадии разработки [10] и имеет доказанные запасы газа 1,2 трлн м<sup>3</sup> и конденсата 240 млн т [21]. Повышенные значения газоносности отложений верхней части разреза позволяют судить об УВ-потенциале глубоководных отложений структуры Шах-Дениз (рис. 4). Аналогичные значения интенсивности проявлений газа наблюдаются и на других грязевых вулканах Южного Каспия. Таким образом, можно утверждать, что грязевые вулканы являются хорошими путями миграции УВ. Большое влияние на перемещение газа из одного горизонта в другой оказывает, по-видимому, пластовое давление газовых месторождений.

Для каждого месторождения существует свой предел пластового давления, при котором миграция УВ перестает быть интенсивной. Этот предел зависит от многих причин, но прежде всего, от давления в основном продуктивном горизонте, от физических и геологических особенностей месторождения, качества и режима эксплуатации действующих скважин и интенсивности разработки месторождения в целом [23]. Анализ данных по глубоководной части Южного Каспия свидетельствует о высоких значениях газоносности зон и, следовательно, о больших объемах перетока газа в верхнюю часть разреза.

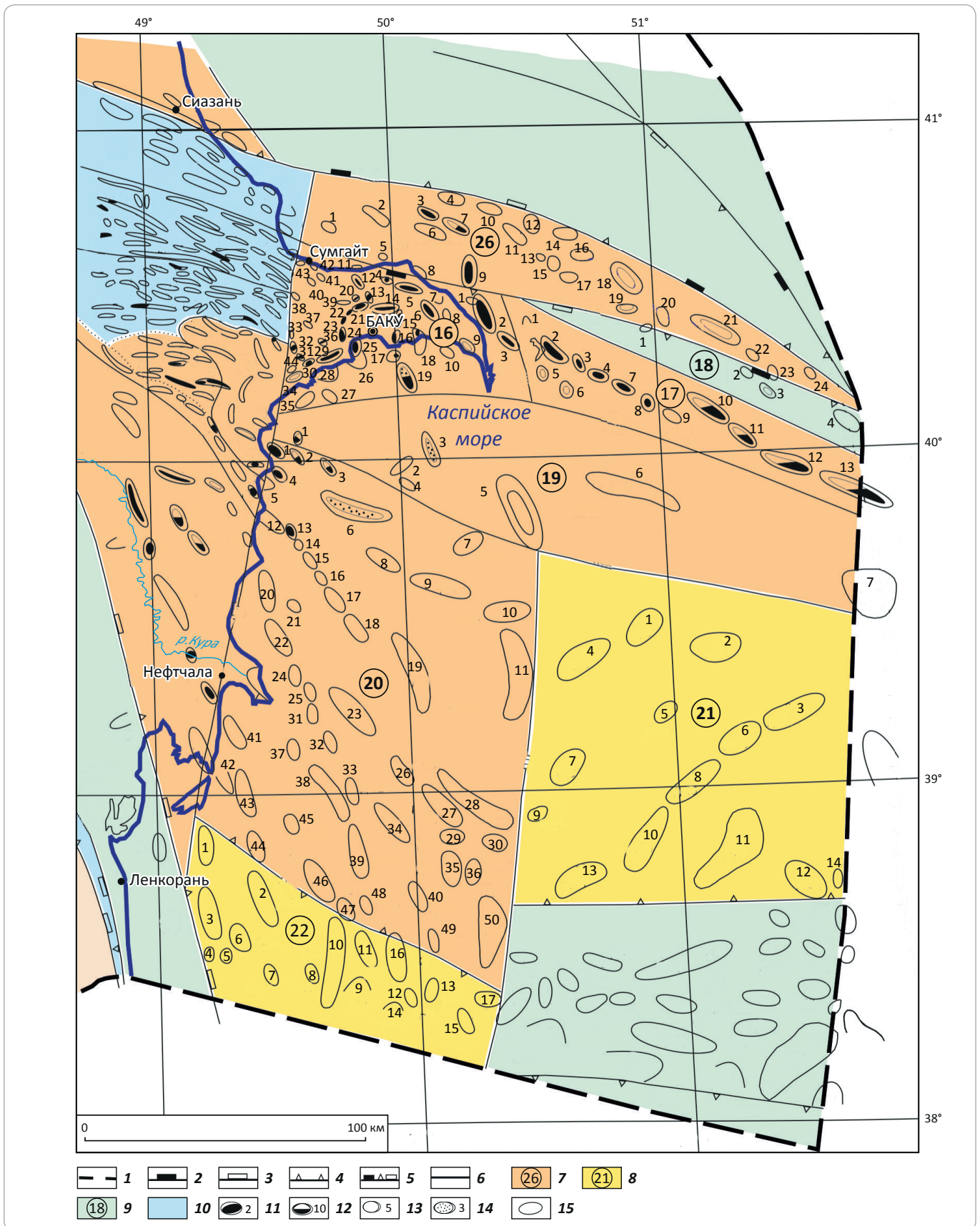
Большой интерес представляет зона Пираллахи – Хали, на поверхности которой последовательно обнажаются четвертичные отложения хазарского, бакинского горизонтов и др. (рис. 5). Здесь наблюдаются пониженные значения интенсивности проявления метана (от  $1,2 \cdot 10^{-4}$  %), этана, пропана и других газов, причем более низкие, чем на структуре Шах-Дениз.

Невысокие значения, установленные в зоне структур Пираллахи, Хали, свидетельствуют о незначительном газовом потенциале глубоководных отложений изучаемой зоны.

Следует отметить, что для зон разломов (см. рис. 5) характерны наиболее высокие значения концентрации метана (до  $435 \cdot 10^{-4}$  %), которые не соизмеримы с данными, зафиксированными на структуре Шах-Дениз и др. глубоководной части Южного Каспия.

Газонефтепроявления изучены по скважинным данным 21 месторождения (рис. 6, см. рис. 1). Для указанных месторождений Южного Каспия построены сводные колонки нефтепроявлений. Участки с выходами газа различной интенсивности, с присутствием нефти, пластовой воды или запаха сероводорода

Рис. 1. Схема расположения изучаемых площадей Южного Каспия [4]  
 Fig. 1. Location map of the studied South Caspian areas [4]





## FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Усл. обозначения к рис. 1

Legend for Fig. 1

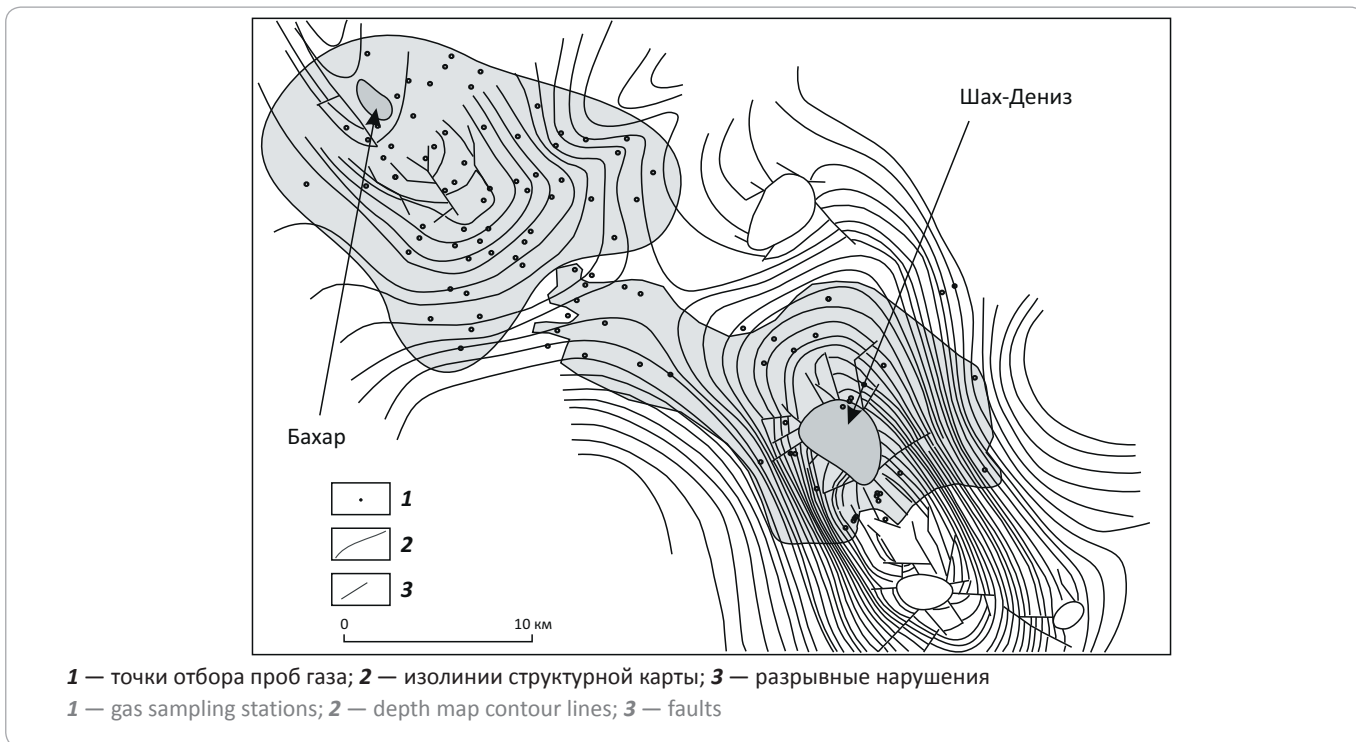
**1** — государственная граница Азербайджанской Республики; **границы нефтегазоносных и перспективно-нефтегазоносных (2–6): 2** — мегабассейнов, **3** — бассейнов, **4** — криптобассейнов, **5** — совмещенные, **6** — районов; **районы (7–10): 7** — нефтегазоносные, **8** — высокоперспективные, **9** — перспективные, **10** — возможно перспективные; **месторождения (11–14): 11** — нефтяные, **12** — нефтегазовые, **13** — газовые, **14** — нефтегазоконденсатные; **15** — локальные поднятия.

Выявленные локальные структуры: **16** — Апшеронский НГР: 1 — Шимали Пираллахи, 2 — Джануби Пираллахи, 3 — Гюрган-Дениз, 4 — Кюрдаханы, 5 — Бузовна-Маштага, 6 — Гала, 7 — Бакинский структурный выступ, 8 — Дюбендинский структурный выступ, 9 — Зирия, 10 — Туркан-Дениз, 11 — Кюрдаханы-Дениз, 12 — Фатмаи (Сианьшор, Магомедли), 13 — Гырмаку, 14 — Балаханы-Сабунчу-Рамана, 15 — Сураханы, 16 — Гарачухур-Зых, 17 — Зых-Дениз, 18 — Говсан, 19 — Гум-Дениз, 20 — Масазыр, 21 — Бинагади, 22 — Чахнагляр, 23 — Сулутепе, 24 — Шабандаг-Шубаны-Ясамал дереси, 25 — Бибиэйбат, 26 — Бибиэйбат-Дениз, 27 — Шыхов-Дениз, 28 — Локбатан-Дениз, 29 — Локбатан-Пуца-Гушхана, 30 — Кергез-Гызылтепе, 31 — Шонгар, 32 — Сарынча-Гюлбахт, 33 — Шорбулаг, 34 — Гарадаг, 35 — Гарадаг-Дениз, 36 — Гюздек, 37 — Гараэйбат, 38 — Гейтепе, 39 — Кечелдаг-Зигилпири, 40 — Сарай, 41 — Новханы (Оржандаг), 42 — Джорат, 43 — Сарыгаябашы, 44 — Анарт; **17** — Восточно-Апшеронский акваториальный НГР: 1 — Хали, 2 — Чилов Адасы, 3 — Ази Асланов, 4 — Палчыг Пилпиляси, 5 — Джануб, 6 — Джануб-2, 7 — Нефт Дашлары, 8 — Огуз, 9 — Джаббар Гарягды, 10 — Гюнешли, 11 — Чираг, 12 — Азери, 13 — Кыпаз; **18** — Пираллахи-Келькорский акваториальный НГР: 1 — Гянджлик, 2 — Хамдем, 3 — Гарабаг, 4 — Вургун Кыпаз; **19** — Юго-Восточно-Апшеронский акваториальный НГР: 1 — 8 Марта, 2 — Сейяр, 3 — Бахар, 4 — Саба, 5 — Шах-Дениз, 6 — Апшерон, 7 — А. Амирова; **20** — Акваториальный НГР Бакинского архипелага: 1 — Сангачал-Дениз, 2 — Дуваный-Дениз, 3 — Хара-Зирия, 4 — Алят-Дениз, 5 — Гил Адасы, 6 — Булла-Дениз, 7 — Мушфиг, 8 — Умид, 9 — Бабек, 10 — Машал, 11 — Зафар, 12 — Хамамдаг-Дениз, 13 — Гарасу, 14 — Санги Мугань, 15 — Ульфат, 16 — Аран-Дениз, 17 — Дашлы, 18 — Сабайл, 19 — Нахчыван, 20 — Бяндован-Дениз, 21 — Чигиль-Дениз, 22 — Янан Тава, 23 — Ширван-Дениз, 24 — Аташгях, 25 — Р. Бейбутова, 26 — Гусейн Джавид, 27 — М. Алекберли, 28 — Азизбеков, 29 — Шимали Низами, 30 — А. Джавида, 31 — Мугань-Дениз, 32 — Мидия, 33 — Пейк, 34 — Интигам, 35 — Низами, 36 — Дж. Джаббарлы, 37 — Гисас Гюни, 38 — Инам, 39 — Ниязи, 40 — А. Сабира, 41 — Нефтчала-Дениз, 42 — Гызылагач-Дениз, 43 — Кюрдашы, 44 — Араз-Дениз, 45 — Шарги Ширван, 46 — Шахдаг, 47 — Надир Шах, 48 — Санлы, 49 — Насими, 50 — Азадлыг; **21** — Ататюрковский акваториальный высокоперспективный НГР: 1 — Дж. Мамедкули-Заде, 2 — И. Гусейнова, 3 — Ататюрк, 4 — Авеста, 5 — Али Назим, 6 — Шарг, 7 — Гара Гараев, 8 — Алов, 9 — Гантемир, 10 — Араз, 11 — В. Чобан Заде, 12 — Алескер Алекберов, 13 — Гюлюстан, 14 — Шимали Мехсети; **22** — Лянкяран-Рештский акваториальный высокоперспективный НГР: 1 — Талыш-Дениз, 2 — Ширван, 3 — Лянкяран-Дениз, 4 — Гарби Айпара, 5 — Шарги Айпара, 6 — Лерик-Дениз, 7 — Джануб, 8 — Далга (Ирс), 9 — Ордубади, 10 — Савалан, 11 — Айрылыг, 12 — Физули, 13 — Джануби Насими, 14 — Джануби Физули, 15 — Баба Заде, 16 — Ш. Рустамбекова, 17 — Джануби Азадлыг; **26** — Северо-Апшеронский акваториальный НГР: 1 — Сумгайыт-Дениз, 2 — Гошадаш, 3 — Гарби Апшерон, 4 — Шимали Апшерон, 5 — Нардаран-Дениз, 6 — Агбурун-Дениз, 7 — банка Апшерон, 8 — Мардакан-Дениз, 9 — банка Дарвина, 10 — Шарги Апшерон, 11 — Гилавар, 12 — Хазри, 13 — Вусал, 14 — Гатл Гюни, 15 — Гюндюз, 16 — Арзу, 17 — Севиндж, 18 — Дан Улдузу, 19 — Новханы, 20 — Айпара, 21 — Ашрафи, 22 — Галыба, 23 — Зирва, 24 — Уфуг

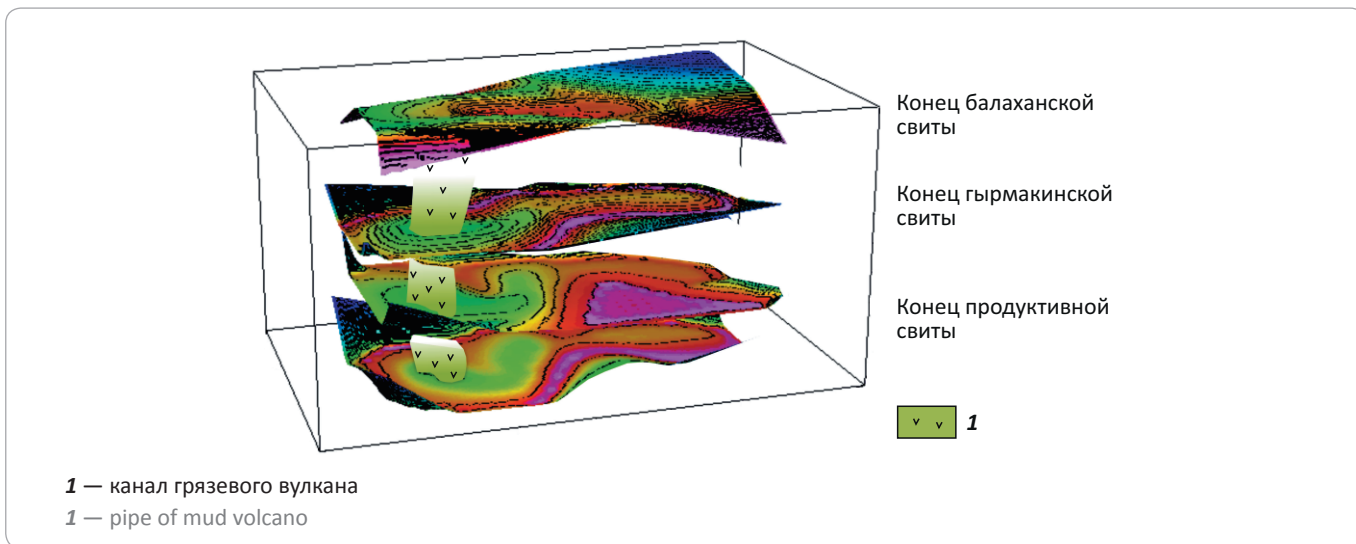
**1** — state border of the Republic of Azerbaijan; **boundaries of oil and gas bearing and potentially oil and gas bearing (2–6): 2** — mega-basins, **3** — basins, **4** — crypto-basins, **5** — combined, **6** — regions; **regions (7–10): 7** — oil and gas bearing, **8** — highly promising, **9** — promising, **10** — possibly promising; **fields (11–14): 11** — oil, **12** — oil and gas, **13** — gas, **14** — oil and gas condensate; **15** — local highs.

Identified local structures: **16** — Apsheronky Petroleum District: 1 — Shimali Pirallakhi, 2 — Dzhnanubi Pirallakhi, 3 — Gyurgan-Deniz, 4 — Kyurdakhany, 5 — Buzovna-Mashtaga, 6 — Gala, 7 — Bakinsky nose, 8 — Dyubendinsky nose, 9 — Ziryia, 10 — Turkan-Deniz, 11 — Kyurdakhany-Deniz, 12 — Fatmai (Sian'shor, Magomedli), 13 — Gyrmaku, 14 — Balakhany-Sabunchu-Ramana, 15 — Surakhany, 16 — Garqachukhur-Zykh, 17 — Zykh-Deniz, 18 — Govsan, 19 — Gum-Deniz, 20 — Masazyr, 21 — Binagadi, 22 — Chakhnaglyar, 23 — Sulutepe, 24 — Shabandag-Shubany-Yasamal deresi, 25 — Bibieibat, 26 — Bibieibat-Deniz, 27 — Shykhov-Deniz, 28 — Lokbatan-Deniz, 29 — Lokbatan-Puta-Gushkhana, 30 — Kergez-Gyzyltepe, 31 — Shongar, 32 — Saryncha-Gyulbakht, 33 — Shorbulag, 34 — Garadag, 35 — Garadag-Deniz, 36 — Gyuzdek, 37 — Garaebat, 38 — Geitepe, 39 — Kecheldag-Zigilpiri, 40 — Sarai, 41 — Novkhany (Orzhandag), 42 — Dzhorat, 43 — Sarygayabashi, 44 — Anart; **17** — East-Apsheronky offshore Petroleum District: 1 — Khali, 2 — Chilov Adasy, 3 — Azi Aslanov, 4 — Palchyg Pilpilyasy, 5 — Dzhnanub, 6 — Dzhnanub-2, 7 — Neft Dashlary, 8 — Oguz, 9 — Dzhabbar Garyagdy, 10 — Gyuneshli, 11 — Chirag, 12 — Azeri, 13 — Kyapaz; **18** — Pirallakhi-Kel'korsky offshore Petroleum District: 1 — Gyandzhlik, 2 — Khamdem, 3 — Garabag, 4 — Vurgun Kyapaz; **19** — South-Eastern Apsheronky offshore Petroleum District: 1 — 8 Marta, 2 — Seiyar, 3 — Bakhar, 4 — Saba, 5 — Shakh-Deniz, 6 — Apsheron, 7 — A. Amirova; **20** — Bakinsky Archipelago offshore Petroleum District: 1 — Sangachal-Deniz, 2 — Duvannyi-Deniz, 3 — Khara-Ziryia, 4 — Alyat-Deniz, 5 — Gil Adasy, 6 — Bulla-Deniz, 7 — Mushfig, 8 — Umid, 9 — Babek, 10 — Mashal, 11 — Zafar, 12 — Khamamdag-Deniz, 13 — Garasu, 14 — Sangi Mugan', 15 — Ul'fat, 16 — Aran-Deniz, 17 — Dashly, 18 — Sabail, 19 — Nakhchivan, 20 — Byandovan-Deniz, 21 — Chigil'-Deniz, 22 — Yanan Tava, 23 — Shirvan-Deniz, 24 — Atashgyakh, 25 — R. Beibutova, 26 — Gusein Dzhavid, 27 — M. Alekberli, 28 — Azizbekov, 29 — Shimali Nizami, 30 — A. Dzhavada, 31 — Mugan'-Deniz, 32 — Midiya, 33 — Peik, 34 — Intigam, 35 — Nizami, 36 — Dzh. Dzhabbarly, 37 — Gisas Gyuni, 38 — Inam, 39 — Niyazi, 40 — A. Sabira, 41 — Neftchala-Deniz, 42 — Gyzylagach-Deniz, 43 — Kyurdashy, 44 — Araz-Deniz, 45 — Shargi Shirvan, 46 — Shakhdag, 47 — Nadir Shakh, 48 — Sanly, 49 — Nasimi, 50 — Azadlyg; **21** — Atatyurksky highly promising offshore Petroleum District: 1 — Dzh. Mamedkuli-Zade, 2 — I. Guseinova, 3 — Atatyurk, 4 — Avesta, 5 — Ali Nazim, 6 — Sharg, 7 — Gara Garaev, 8 — Alov, 9 — Gantemir, 10 — Araz, 11 — V. Choban Zade, 12 — Alesker Alekberov, 13 — Gyulyustan, 14 — Shimali Mekhseti; **22** — Lyankyaran-Reshtsky highly promising offshore Petroleum District: 1 — Talysh-Deniz, 2 — Shirvan, 3 — Lyankyaran-Deniz, 4 — Garbi Aipara, 5 — Shargi Aipara, 6 — Lerik-Deniz, 7 — Dzhnanub, 8 — Dalga (Irs), 9 — Ordubadi, 10 — Savalan, 11 — Airylyg, 12 — Fizuli, 13 — Dzhnanubi Nasimi, 14 — Dzhnanubi Fizuli, 15 — Baba Zade, 16 — Sh. Rustambekova, 17 — Dzhnanubi Azadlyg; **26** — North Apsheronky offshore Petroleum District: 1 — Sumgaiyt-Deniz, 2 — Goshadash, 3 — Garbi Apsheron, 4 — Shimali Apsheron, 5 — Nardaran-Deniz, 6 — Agburun-Deniz, 7 — Apsheron submarine bank, 8 — Mardakan-Deniz, 9 — Darwin submarine bank, 10 — Shargi Apsheron, 11 — Gilavar, 12 — Khazri, 13 — Vusal, 14 — Gatl Gyuni, 15 — Gyunduz, 16 — Arzu, 17 — Sevindzh, 18 — Dan Ulduzu, 19 — Novkhany, 20 — Aipara, 21 — Ashrafi, 22 — Galyaba, 23 — Zirva, 24 — Ufug

**Рис. 2.** Карта интенсивности проявлений газа (метан) по площади Шах-Дениз — Бахар,  $n \cdot 10^{-4} \%$   
**Fig. 2.** Map of gas (methane) show intensity in Shakh-Deniz — Bakhar area,  $n \cdot 10^{-4} \%$



**Рис. 3.** Модель грязевого вулкана Бахар [3]  
**Fig. 3.** Model of Bakhar mud volcano [3]



ранжированы по площади, что позволяет проследить изменения зафиксированных газонефтепроявлений как по площади, так и по разрезу в пределах установленных глубин (см. рис. 6). Подстилающие отложения характеризуются максимальной газонасыщенностью. Сводный разрез свидетельствует о том, что верхняя часть разреза представлена преимущественно глинистыми отложениями с прослоями песчаников небольшой мощности. В пределах исследуемой зоны наибольший интерес вызывает присутствие

пластовой воды. Она наблюдается в интервале глубин — от 0 до 200 м в Восточно-Апшеронском районе, в то время как в нефтегазоносном районе Бакинского архипелага ее наличие фиксируется в более широком интервале глубин — от 0 до 2800 м. Следует отметить, что вода газирована. Значение пористости в верхней части разреза составляет 40 %. Вода была также зафиксирована на месторождении Чилов Ада-сы, расположенном в Восточно-Апшеронском нефтегазоносном районе (НГР). Наличие обширного

## FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 4. Схема расположения грязевых вулканов на структуре Шах-Дениз [22]  
 Fig. 4. Location map of mud volcanoes on Shakh-Deniz structure [22]

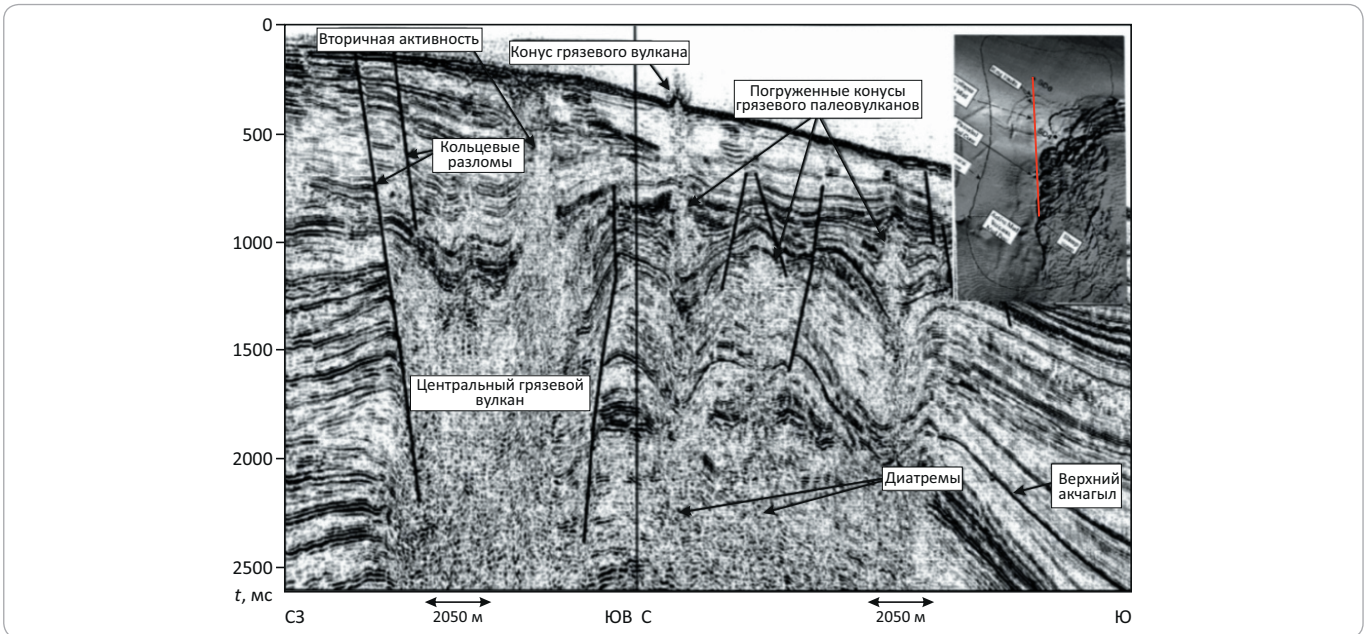
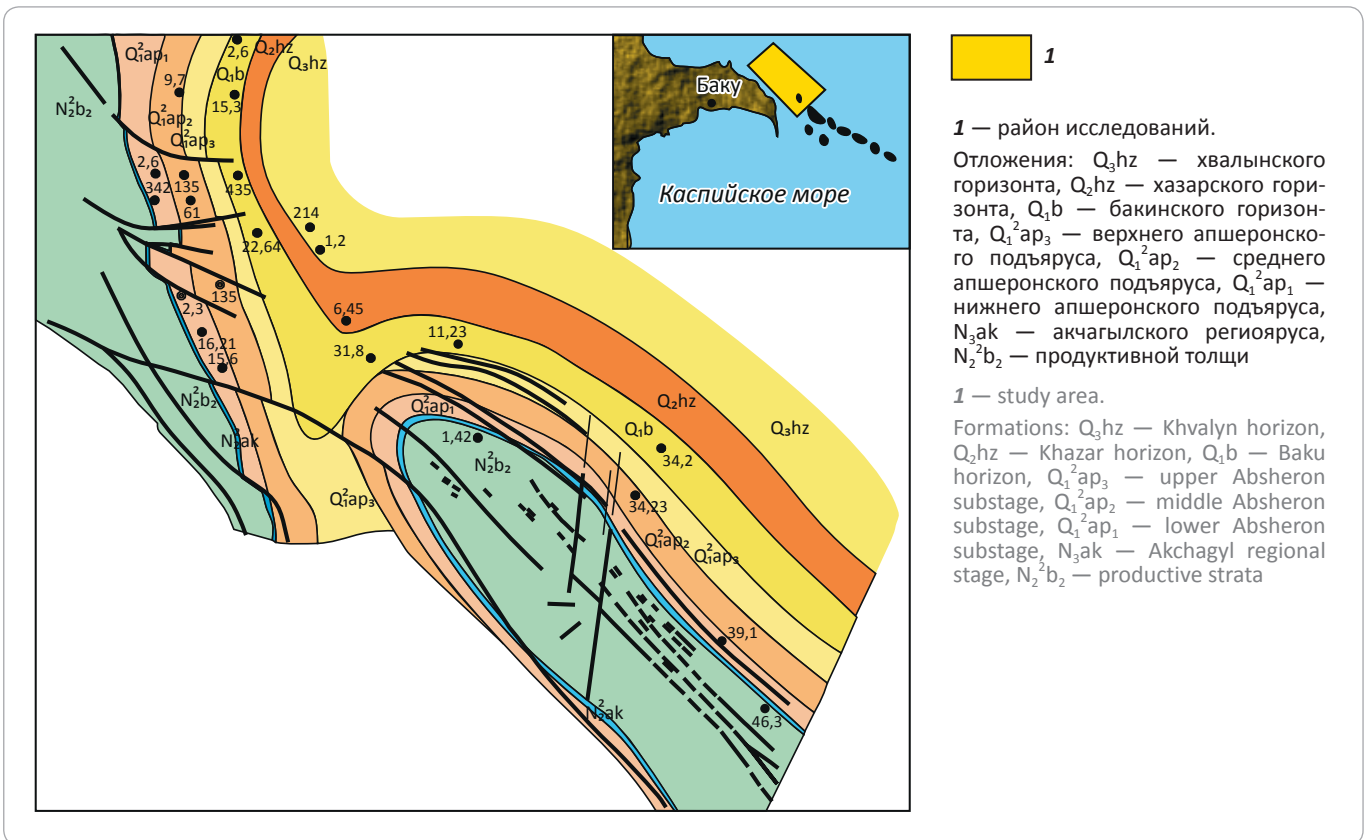


Рис. 5. Интенсивность проявления газа (метан) на структуре Пираллахи – Хали (геологическая карта [1])  
 Fig. 5. Intensity of gas (methane) shows on the Pirallakhi – Khali [1]



фактического материала по Бакинскому архипелагу позволяет наиболее детально охарактеризовать эту зону. Значительные объемы пластовой воды были установлены на месторождениях Дуванный-Дениз, Хара-Зирия, Алят-Дениз, Санги-Мугань, Дашлы. На

месторождении Умид притоки воды были зафиксированы на более глубоких горизонтах — в интервале глубин от 240 до 2800 м. Газопроявления установлены практически на всех месторождениях за исключением Чираг, Гил Адасы, Аран-Дениз, Арзу. На двух

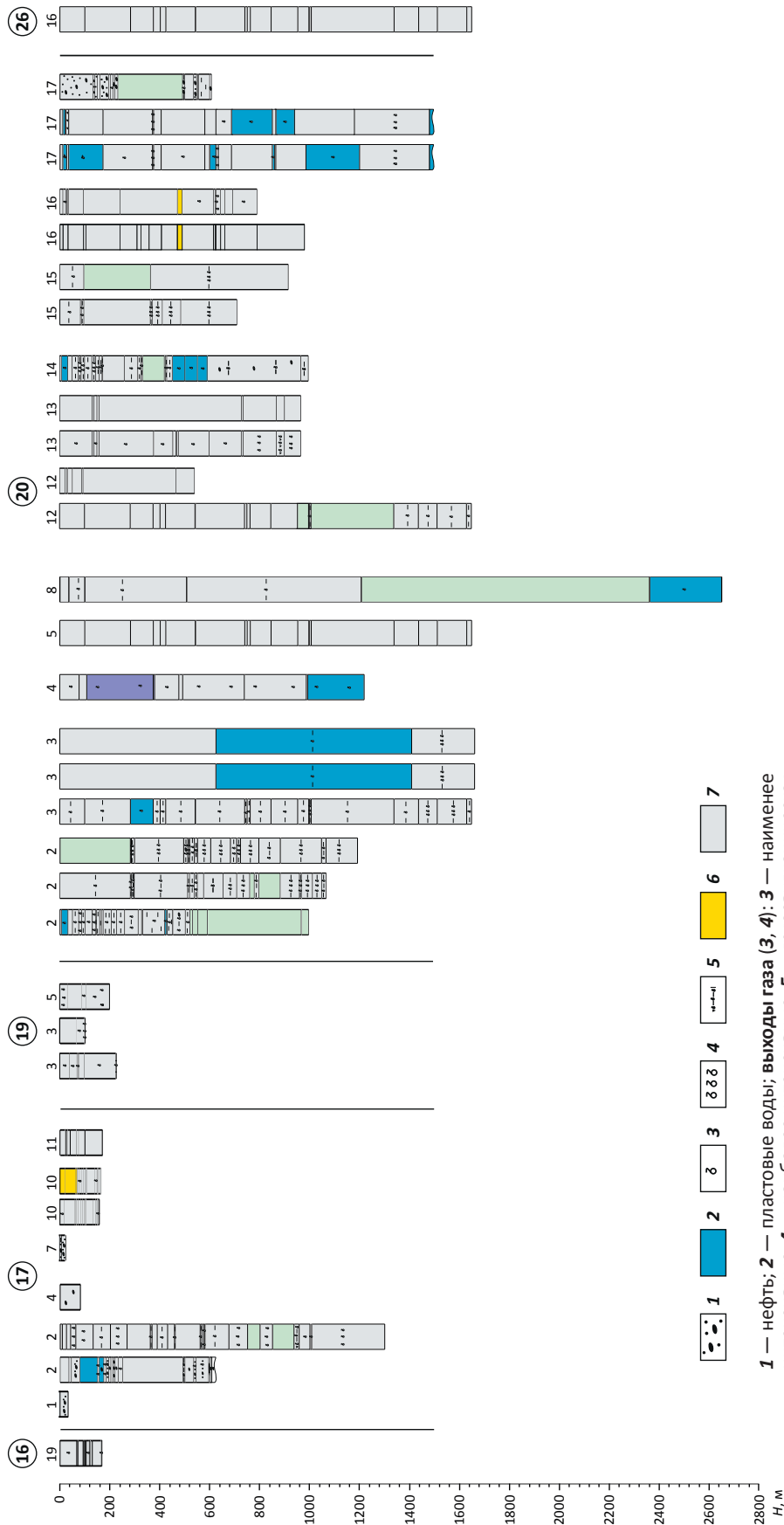


Рис. 6. Газонефтепроявления в пределах Южного Каспия  
Fig. 6. Gas and oil shows in Southern Caspian

## FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

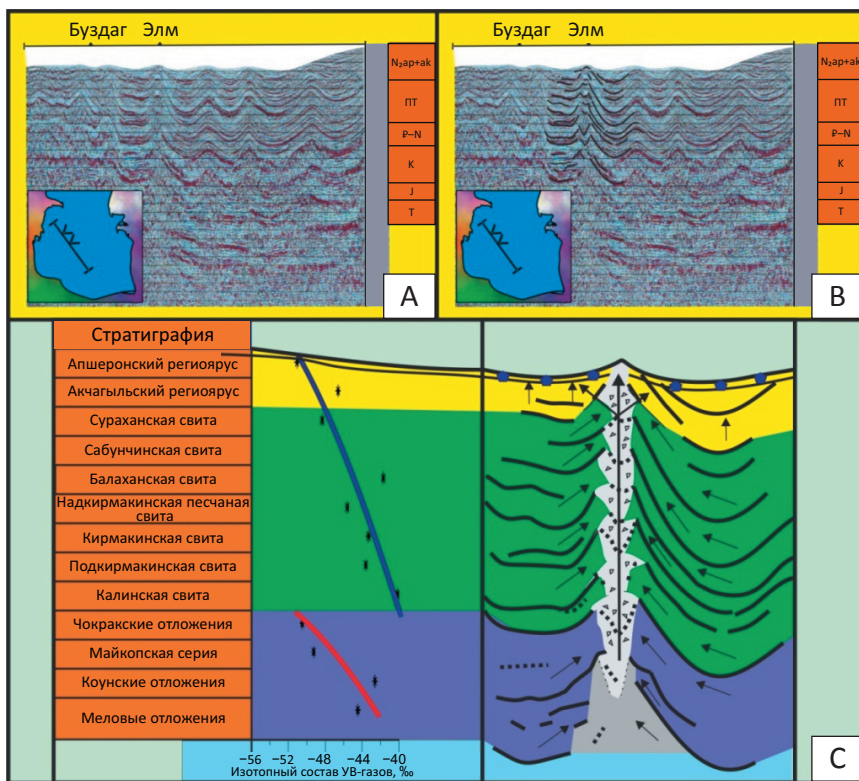
площадях — Дашлы и Аран-Дениз — зафиксировано присутствие  $H_2S$ . На месторождении Аран-Дениз наличие  $H_2S$  выявлено до глубины 100 м, в то время как на месторождении Дашлы — на глубине около 500 м. На структурах Хали, Чилор Адасы, Палчыг Пилпиляси, Чираг Восточно-Апшеронского НГР в верхней части разреза установлены нефтепроявления. Необходимо отметить, что месторождение Палчыг Пилпиляси до глубин 600 м характеризуется более песчаными отложениями по сравнению с другими структурами Бакинского архипелага. Эта площадь в верхней части разреза наиболее насыщена нефтью. На месторождении Булла-Дениз притоки пластовой воды зафиксированы в разных интервалах разреза от глубины 600 до 6310 м. В стратиграфическом плане они охватывают практически весь разрез. В апшеронском и ачкагыльском региоярусах, а также верхах продуктивной толщи минерализация воды варьирует от 49 до 129 г/л. Таким образом, можно уверенно прогнозировать поступление значительных объемов УВ-газов в верхнюю часть разреза глубоководной зоны Южного Каспия.

Для изучения структуры грязевого вулкана, определения направления миграции УВ, способствующей его формированию, интерпретирован сейсмический разрез (рис. 7 А, В) [11], а также построены графики распределения УВ-газов в зависимости от возраста вмещающих пород (см. рис. 6 С). Для изучения генетических аспектов формирования структуры грязевого вулкана было определено изменение изотопного состава газа в зависимости от стратиграфического возраста вмещающих пород, построены графики для изотопа углерода метана, этана, пропана, бутана и др. Выявлены различия по средним значениям, которые в полном объеме оценивают вариации изотопного состава в пределах отдельных стратиграфических горизонтов. По метану, этану, пропану, бутану на всех построенных графиках отмечается последовательное утяжеление изотопа углерода перечисленных газовых компонентов вниз по разрезу от антропогенового региояруса к свитам продуктивной толщи вплоть до ее подошвы. Так, значения по метану изменяются от  $-51,1$  до  $-40,16$  ‰, этану — от  $-32$  до  $-23,2$  ‰, пропану — от  $-27,5$  до  $-21,9$  ‰, бутану — от  $-27,7$  до  $-19,8$  ‰. Эта последовательность нарушается ниже по стратиграфическому разрезу. С переходом к отложениям чокракского региояруса происходит резкое облегчение изотопа углерода на  $8-11$  ‰, составляя по метану —  $-50,5$  ‰, этану —  $-34,6$  ‰, пропану —  $-30,0$  ‰ и бутану —  $-28,3$  ‰. Ниже с переходом к газам майкопской серии, коунской свиты и меловым отложениям вновь, как и в верхней антропоген-плиоценовой части разреза, наблюдается утяжеление изотопа углерода: по метану — до  $-42,6$  ‰, этану —  $-28,4$  ‰, пропану —  $-27,5$  ‰, бутану —  $-28,4$  ‰. Многократное повторение по различным газовым компонентам установленной закономерности из-

менения изотопа углерода УВ-газов подчеркивает выявленную тенденцию. Таким образом, в стратиграфическом разрезе осадочной толщи Южно-Каспийской впадины выделяется два интервала, которые характеризуются утяжелением изотопа углерода УВ-газов в направлении от апшеронского региояруса до подошвы продуктивной толщи и от чокракского горизонта к меловым отложениям. Согласно установленному изменению изотопа углерода [9], в формировании промышленных залежей нефти и газа выделяется два этапа. В результате изучения сейсмического материала и изотопного состава УВ-газов построена модель структуры грязевого вулкана (см. рис. 7 С) и выделены этапы его развития, а также установлены основные пути их миграции. Первый этап начинается в меловой системе и заканчивается в миоцене. Сюда входят известные нефтематеринские свиты — майкопская, коунская, чокракский горизонт и диатомовые отложения. Второй этап формирования УВ начался с накопления осадков продуктивной толщи вплоть до апшеронского яруса. Лавинная седиментация, превалирование нисходящих движений над восходящими способствовали формированию осадков большой мощности в период накопления продуктивной толщи и в последующее время. По мере накопления осадков, а также вследствие тектонических процессов (прогибания) в глубоководной части бассейна ужесточались термобарические условия. Мощности всех стратиграфических подразделений существенно увеличиваются в сторону глубоководной части Каспийского моря, что свидетельствует о росте нефтегенерирующей способности осадочной толщи в том же направлении. Районы глубоководной части Каспийского моря относятся к главной зоне нефтеобразования и соответствуют градациям катагенеза  $MK_1-MK_3$  и палеотемпературам от  $90$  до  $190$  °С. С главной зоной нефтеобразования связан основной объем нефтяных и газовых запасов. Постоянно сохраняющееся региональное погружение в центральной части Южно-Каспийской впадины, имевшее место во время формирования продуктивной толщи и в последующее время, создавало условия для постоянной региональной миграции УВ в северном, северо-западном и юго-западном направлениях. Кварцевые песчаники с высокими пористостью и проницаемостью в разрезе продуктивной толщи служили путями миграции как газообразных, так и жидких УВ. Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что в целом региональная миграция УВ в пределах Апшеронского НГР происходила из наиболее погруженных участков Южно-Каспийской впадины в северном направлении и характеризовалась наибольшей интенсивностью.

Миграция образовавшихся УВ началась во время формирования нижней части продуктивной толщи мощностью до 2000 м. При этом газ, опережая при

**Рис. 7.** Сейсмический профиль по линии северо-запад – юго-восток Южного Каспия: по [11] (А), интерпретация автора (В) и изменение изотопного состава УВ-газов в зависимости от возраста вмещающих пород (С)  
**Fig. 7.** Seismic section along the NW-SE line across the Southern Caspian: according to [11] (A), the authors' interpretation (B), and variations of HC gases isotope signature depending on the host rock age (C)



движении нефть, способствовал переносу ее значительных количеств. По мере накопления осадков верхнего отдела продуктивной толщи (когда общая мощность достигла 3000–4500 м), а также пород акчагыльского, апшеронского ярусов и антропогена в пластах нижнего отдела значительно увеличивались давление и температура, что привело к однофазному газовому состоянию нефти и газа, мигрирующих вверх по региональному восстанию пластов. По мере движения вверх по восстанию пород однофазовая газовая смесь, попадая в условия низких давлений, претерпела ретроградную конденсацию и разделилась на две фазы: жидкую и газовую. Газ, как наиболее подвижный, при движении опережает жидкие УВ, переносится в вышерасположенные структуры вплоть до краевых обнажений продуктивной толщи и уходит в атмосферу. Таким образом, установленные газы способствовали формированию грязевого вулкана на каждом этапе развития его структуры, что фиксируется на временном разрезе характерными отражениями сейсмической записи.

### Выводы

В результате исследований построены карты изменения содержания метана, этана, пропана, бутана, изо-, нормального пентана в пределах верхней части разреза по изучаемым месторождениям. Сопоставлены данные газовой съемки со структурными картами

и другими геолого-геофизическими материалами. Установлено, что структура Бахар характеризуется относительно пониженной интенсивностью газопроявлений по метану — от  $5,37 \cdot 10^{-4}$  до  $152\,944 \cdot 10^{-4} \%$  (в среднем  $9109,0354 \cdot 10^{-4} \%$ ), в то время как для месторождения Шах-Дениз типичны максимальные значения — от  $4,62 \cdot 10^{-4}$  до  $367\,840 \cdot 10^{-4} \%$ , в среднем составляя  $85\,572,3 \cdot 10^{-4} \%$  (см. рис. 2). Небольшие значения интенсивности газа, установленные в зоне структур Пираллахи, Хали, свидетельствуют о незначительном газовом потенциале глубокопогруженных отложений изучаемой зоны.

В результате анализа данных по газопроявлениям верхней части разреза можно сделать следующие выводы.

1. Верхняя часть разреза Южного Каспия сильно обогащена газом, причем интенсивность газопроявлений в нижней части наиболее высокая.

2. Наличие нефтепроявлений на структурах Хали, Чилов Адасы, Палчыг Пилпиляси, Чираг свидетельствует об их перспективности для поисков нефтяных залежей.

3. Пластовая вода зафиксирована в широком интервале глубин.

Интерпретация сейсмического разреза позволила выделить структуру и этапы развития грязевого вулкана, а по данным химического и изотопного

## FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

составов газов установить два этапа формирования УВ. Первый этап продолжался от начала накопления подстилающих продуктивную толщу отложений (миоцен-эоценовое время) до образования пород продуктивной толщи. На этом этапе происходила частая смена как нисходящих, так и восходящих направлений движений. Второй этап формирова-

ния УВ начался с отложения продуктивной толщи, характеризовался изменением геодинамических условий в регионе (антропоген-плиоценовое время). Лавинная седиментация, превазирование нисходящих движений над восходящими способствовали накоплению мощных осадков при формировании продуктивной толщи.

## Литература

1. *Обобщение геолого-геофизических материалов и данных бурения с целью изучения газоносности верхней части разреза и выходов газа донных осадков (газогидратов) северной части Азербайджанского сектора Апшеронского и Бакинского архипелагов Каспийского моря [Xəzər dənizinin Abşeron arxipelağı və Bakı arxipelağının şimal hissəsində Azərbaycan sektorunda kəşiləşin üst hissəsinin qazlılığı və dəniz dibi qaz çıxışlarının (qaz-hidratlar) öyrənilməsi məqsədilə geoloji-geofiziki və qazma məlumatlarının ümumiləşdirilməsi]* – Баку : Государственная Нефтяная Компания Азербайджанской Республики, 2012. – 215 с.
2. *Шыхалиев Ю.А., Ахмедов А.М., Зейналов А.З., Абдишлахова З.Н.* Газоносность верхней части разреза и выходы газа донных осадков Азербайджанского сектора Каспийского моря: анализ, обобщение и предложения [Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunda kəşiləşin üst hissəsinin qazlılığı və dənizdibi qaz çıxışları: təhlil, ümumiləşdirmə və təkliflər] // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2015. – № 5. – С. 9–15.
3. *Геологические и геохимические условия сохранения углеводородных флюидов в Южно-Каспийском бассейне.* – Баку : Институт геологии Национальной академии наук Азербайджана, 2007. – 175 с.
4. *Геология Азербайджана.* Т. VII. Нефть и газ / Под ред. Ак.А. Али-Заде. – Баку : Nafta-Press, 2008. – 380 с.
5. *Геология Азербайджана.* Т. VIII. Гидрогеология и инженерная геология / Под ред. Ак.А. Али-Заде. – Баку : Nafta-Press, 2008. – 363 с.
6. *Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Полетаев А.В.* Изотопы углеводородных газов Азербайджана. – Баку : Nafta-Press, 2013. – 107 с.
7. *Методология изучения и освоения месторождения Булла-Дениз / Под ред. Ак.А. Али-Заде.* – Баку : Национальная академии наук Азербайджана, Институт глубинных проблем, 1995. – 138 с.
8. *Алиев А.И.* Условия формирования залежей нефти и газа в Южно-Каспийской впадине // Известия НАНА: Науки о Земле. – 2004. – № 4. – С. 13–24.
9. *South Caspian Basin project.* Geological Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences (GIA), Azerbaijan research Institute of Geophysics (SOCAR), Earth Sciences and Resources Institute of the South Carolina (ESRI); 1995. – 171 с.
10. *Абасов М.Т., Кондрушкин Ю.М., Алияров Р.Ю., Крутых Л.Г.* Изучение и прогнозирование параметров сложных природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской впадины. – Баку : Nafta-Press, 2007. – 217 с.
11. *Исмаил-Заде А.Д., Али-Заде Ак.А., Гулиев И.С., Бабаев Д.Х., Гаджиев А.Н.* О возможно мантийном характере углеводородных флюидов в Южно-Каспийской впадине // Известия НАНА: Науки о Земле. – 2004. – № 3. – С. 6–11.
12. *South-Caspian Basin: geology, geophysics, oil and gas content* // Под ред. Ак.А. Али-Заде. – Баку : Nafta-Press; 2004. – 333 с.
13. *Гулиев И.С., Левин Л.Э., Федоров Д.Л.* Углеводородный потенциал Каспийского региона (системный анализ). – Баку : Nafta-Press, 2003. – 127 с.
14. *Фейзуллаев А.А., Гусейнов Д.А.* Углеводородный потенциал и ресурсы нижнеплиоценовых отложений продуктивной толщи в Южно-Каспийском бассейне // Стратиграфия и седиментология нефтегазоносных бассейнов. – 2016. – № 1. – С. 99–104.
15. *Гинсбург Г.Д., Соловьев В.А.* Субмаринные газовые гидраты. – СПб : ВНИИОкеангеология, 1994. – 193 с.
16. *Гусейнов Р.А., Дадашев Ф.Г.* Углеводородные газы Каспийского моря. – Баку : Nafta-Press, 2000. – 128 с.
17. *Дадашев Ф.Г., Мурадов Ч.С. и др.* Оценка перспектив нефтегазоносности акваторий Шахово-море – Булла-море газогеохимическими методами и направление дальнейших поисково-разведочных работ. – Баку : Фонд института геологии НАН Азербайджана, 1980. – 20 с.
18. *Полетаев А.В., Полетаева Е.В.* Изученность диаграмм гетерогенного равновесия в координатах давления и температуры: гидратообразования // Перспективы развития научного знания в XXI веке. Экономика России: проблемы, тенденции, перспективы. – 2015. – Вып. 4. – С. 104–111.
19. *Полетаев А.В., Полетаева Е.В.* Изученность диаграмм гетерогенного равновесия в координатах давления и температуры: гидратообразования // Ученые записки Тамбовского отделения РочМУ. – 2015. – № 4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchennost-diagramm-geterogenno-go-ravnovesiya-v-koordinatah-davleniya-i-temperatury-gidratoobrazovaniya> (дата обращения: 13.09.2019).
20. *Guliev I.S., Aliev G.-M.A., Alieva E.G., Muradov Ch.S.* A Multicomponent Anomaly in the Bottom Sediments and Seawater of the Central Part of the South Caspian Depression // *Geochemistry International*. – 2000. – Т. 38. – № 9. – С. 921–928.
21. *Велиев Г., Цурков М.* SOCAR огласила объемы прибыльной нефти с АЧГ. 2015. – Режим доступа: [http://www.trend.az/news\\_print.php?news\\_id=2389385](http://www.trend.az/news_print.php?news_id=2389385) (дата обращения 18.04.2018).
22. *Fowler R., Mildenhall J., Zalova S., Riley G., Eslyey G., Desplanques A., Guliyeva F.* Mud volcanoes and structural development on Shah Deniz // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2000. – Т. 28. – № 4. – С. 189–206.
23. *Агишев А.П.* Межпластовые перетоки газа при разработке газовых месторождений. – М. : Недра, 1966. – 204 с.

## References

1. *Gas hearing capacity in upper part of section and sea bottom gas shows (gas hydrates) in Absheron archipelago and northern part of Baku archipelago of Azerbaijan sector Caspian Sea with aims geological, geophysical and drilling data collection.* Baku: SOCAR; 2012. 215 p.

2. Shikhaliyev Y.A., Akhmedov A.M., Zeynalov A.Z., Abdiilkhakova Z.N. Gas hearing capacity in upper portion of section and sea bottom gas shows in Azerbaijan sector of Caspian Sea: analysis, summary and proposals. *Azerbaijan Oil Industry Journal*. 2015;(5):9–15.
3. Geological and geochemical conditions for the conservation of hydrocarbon fluids in the South Caspian basin [Geologicheskie i geokhimicheskie usloviya sokhraneniya uglevodorodnykh flyuidov v Yuzhno-Kaspiiskom basseine]. Baku, 2007. 175 p.
4. *Geology of Azerbaijan. Oil and gas* [Geologiya Azerbaidzhana. T. VII. Neft' i gaz]. In: A.A. Ali-Zadeh, ed. Baku: Nafta-Press; 2008. 380 p.
5. *Geology of Azerbaijan. Vol. VIII. Hydrogeology and engineering geology* [Geologiya Azerbaidzhana. T. VIII. Hidrogeologiya i inzhenernaya geologiya]. In: A.A. Ali-Zadeh, ed. Baku: Nafta-Press; 2008. 380 p.
6. Guliev I.S., Dadashev F.G., Poletaev A.V. Isotopes of hydrocarbon gases of Azerbaijan [Izotopy uglevodorodnykh gazov Azerbaidzhana]. Baku: Nafta-Press; 2013. 107 p.
7. *Methodology of study and developing the Bulla-Deniz field, the National Academy of Sciences of Azerbaijan* [Metodologiya izucheniya i osvoiniya mestorozhdeniya Bulla-Deniz]. In: A.A. Ali-Zadeh, ed. Baku: Natsional'naya akademii nauk Azerbaidzhana, Institut glubinnyykh problem; 1995. 138 p.
8. Aliiev A.I. Oil and gas formation conditions in the South Caspian Depression [Usloviya formirovaniya zalezhei nefti i gaza v Yuzhno-Kaspiiskoi vpadine]. *Izvestiya NANA: Nauki o Zemle*. 2004;(4):13–24.
9. South Caspian Basin project. Geological Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences (GIA), Azerbaijan research Institute of Geophysics (SOCAR), Earth Sciences and Resources Institute of the South Carolina (ESRI); 1995. 171 p.
10. Abasov M.T., Kondrushkin Yu.M., Aliyarov R.Yu., Krutykh L.G. Investigation and prediction of difficult natural reservoir oil and gas in the South Caspian Sea [Izuchenie i prognozirovanie parametrov slozhnykh prirodnykh rezervuarov nefti i gaza Yuzhno-Kaspiiskoi vpadiny]. Baku: Nafta-Press; 2007. 217 p.
11. Ismail-Zade A.D., Ali-Zadeh Ak.A., Guliev I.S., Babaev D.Kh., Gadzhiev A.N. About possibility of mantle pattern of hydrocarbon fluids in the South Caspian depression. *Izvestiya NANA: Nauki o Zemle*. 2004;(3):6–11.
12. South-Caspian Basin: geology, geophysics, oil and gas content. In: A.A. Ali-Zadeh, ed. Baku; Nafta-Press; 2004. – 333 p.
13. Guliyev I.S., Levin L.E., Fedorov D.L. Hydrocarbons potential of the Caspian region (System Analysis) [Uglevodorodnyi potentsial Kaspiiskogo regiona (sistemnyi analiz)]. Baku: Nafta-Press; 2003. – 127 p.
14. Feyzullayev A.A., Huseynov D.A. Hydrocarbon potential and resources of Lower Pliocene-Productive series in South Caspian basin [Uglevodorodnyi potentsial i resursy nizhnepliotseynovykh otlozhenii produktivnoi tolshchi v Yuzhno-Kaspiiskom basseine]. *Stratigrafiya i sedimentologiya neftegazonosnykh basseinov*. 2016;(1):99–104.
15. Ginsburg G.D., Solovov V.A. Submarine gas hydrates [Submarinnye gazovye gidraty]. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya; 1994. 193 p.
16. Guseynov R.A., Dadashev F.G. Hydrocarbon gases of the Caspian Sea [Uglevodorodnye gazy Kaspiiskogo morya]. Baku: Nafta-Press; 2000. 128 p.
17. Dadashev F.G., Muradov Ch.S. et al. Assessment of oil and gas content prospective within Shakhov-Sea-Bulla-Sea water areas using gas geochemical methods and the trend of further prospecting works [Otsenka perspektiv neftegazonosnosti akvatorii Shakhovo-more – Bulla-more gazogeokhimicheskimi metodami i napravlenie dal'neishikh poiskovo-razvedochnykh rabot]. Baku: Fond instituta geologii NAN Azerbaidzhana; 1980. 20 p.
18. Poletaev A.V., Poletaeva E.V. Study of heterogenous equilibrium in pressure and temperature coordinates: formation of hydrates. Perspective of scientific knowledge development in the XXI century. In: Russian economic: problems, tendentious, perspectives. N.4. V.4. 2015. pp. 104–111.
19. Poletaev A.V., Poletaeva E.V. Study of heterogenous equilibrium in pressure and temperature coordinates: formation of hydrates. *Uchenye zapiski Tambovskogo otdeleniya RoSMU*. 2015;(4). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchennost-diagramm-geterogennogo-ravnovesiya-v-koordinatah-davleniya-i-temperatury-gidratoobrazovaniya> (accessed: 13.09.2019).
20. Guliev I.S., Aliiev G.-M.A., Alieva E.G., Muradov Ch.S. A Multicomponent Anomaly in the Bottom Sediments and Seawater of the Central Part of the South Caspian Depression. *Geochemistry International*. 2000;38(9):921–928.
21. Veliev G., Tsurkov M. SOCAR published information about commercial oil volume from AGC fields. 2015. Available at: [http://www.trend.az/news\\_print.php?news\\_id=2389385](http://www.trend.az/news_print.php?news_id=2389385) (accessed 18.04.2018).
22. Fowler R., Mildenhall J., Zalova S., Riley G., Eslyey G., Desplanques A., Guliyev F. Mud volcanoes and structural development on Shah Deniz. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2000;28(4):189–206.
23. Agishev A.P. Interlayer gas migrations in gas while drilling [Mezhplastovye peretoki gaza pri razrabotke gazovykh mestorozhdenii]. Moscow: Nedra; 1966. 204 p.