

УДК: 567.5(47+57)

<https://doi.org/10.37878/2708-0080/2020.002>

КАСПИЙСКИЙ РЕГИОН: КОЛЬЦЕВЫЕ СУБВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ, ПОКМАРКИ И ЭКС-ПОКМАРКИ

ЧАСТЬ II



Ю.А. ВОЛОЖ¹,
доктор геол.-мин. наук,
главный научный сотрудник



М.С. ТРОХИМЕНКО^{2*},
кандидат геол.-мин. наук,
главный научный сотрудник



А.М. КАЛИМОВ³,
старший геолог



М.Т. ЕДИЛБАЕВ³,
магистр техники и технологии, геолог

¹Геологический институт РАН,
Российская Федерация, 109017, г. Москва, Пыжевский переулок, 7, стр. 1

*Автор для переписки. E-mail: tmsicg51318@yandex.kz

²ТОО «НИЦ «Нефть» НИА РК,
Республика Казахстан, 050010 г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80

³ТОО «Falcon Oil and Gas LTD»,
Республика Казахстан, 050022, г. Алматы,
ул. Шевченко, 90, Бизнес-центр «Каратал», офис 81

Выполнено обобщение доступных геолого-геофизических материалов и опубликованных данных о кольцевых субвертикальных структурах и флюидопроявлениях в пределах фрагмента Скифско-Туранской плиты (Каспийский регион). На акватории Северного и Среднего Каспия ранее были выявлены: зоны пленочных «сликов» не техногенного происхождения; зоны естественных нефтепроявлений; зоны газовых сипов; «газовые трубы», «газо-водо-грязевые трубы», покмарки и экс-покмарки; бугристые формы донного рельефа, приуроченные к очагам газопроявлений. На полуостровах Бузачи и Тюбкараган ранее были выявлены типичные газо-водо-грязевые сопки, именуемые «сальзы». На территориях Арало-Каспийского региона часто встречаются конусообразные формы рельефа – «чукалаки». Эти объекты традиционно изучались геоморфологами, ботаниками и почвоведомы, которые формирование их объясняли разгрузкой подземных вод. Анализ бузачинских грязевых сопкок и чукалаков позволяет предполагать их генетическую идентичность. Высказаны соображения об актуальности их изучения с целью экологического мониторинга и возможного использования при геологоразведочных работах на углеводородное сырье (Часть II).

В продолжении авторского исследования (Часть III) будут приведены известные данные о кольцевых субвертикальных структурах, покмарках и экс-покмарках в Прикаспийской впадине (Каспийский регион). Будут представлены результаты геолого-геофизического изучения впервые выявленных кольцевых субвертикальных структур и экс-покмарков в межкупольных мульдах в Прикаспийской солянокупольной области.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Каспийский регион, Скифско-Туранская плита, кольцевые субвертикальные структуры, «газовая труба», «газо-водная труба», «газо-водо-грязевая труба», покмарк, экс-покмарк, грязевая сопка, чукалак, флюидопроявления, мониторинг.

КАСПИЙ ӨҢІРІ: ЖӘНЕ БАСҚАДА САҚИНАЛЫ СУБВЕРТИКАЛЬДІ ҚҰРЫЛЫМДАР, ПОКМАРКТЕР ЖӘНЕ ЭКС-ПОКМАРКТЕР II БӨЛІМ

Ю.А. ВОЛОЖ¹, гео-мин. ғыл. докторы, бас ғылыми қызметкер
М.С. ТРОХИМЕНКО^{2*}, гео-мин. ғыл. кандидаты, бас ғылыми қызметкер
А.М. КАЛИМОВ³, аға геолог
М.Т. ЕДІЛБАЕВ³, техника және технология магистірі, геолог

¹РФА Геологиялық институты,
Ресей Федерациясы, 109017, Маскеу қ., Пыжевскийк-сі, 7, 1 құрылыс

²ҚР ҰИА «ФЗО«Нефть» АҚ,
Қазақстан Республикасы, 050022, Алматы қ., Бөгенбай батырк-сі, 80

³«Falcon Oil and Gas LTD» ЖШС,
Қазақстан Республикасы, 050022, Алматы қ.,
Шевченко-сі, 90, «Каратал» Бизнес орталығы, 81 офис

Қол жетімді және жарияланған геологиялық және геофизикалық материалдарың негізінде Скиф-Тұран тақтасы (Каспий өңірі) фрагменті ішіндегі сақиналы субвертикальді құрылымдар мен флюид көріну туралы мәліметтер жалпыландырылды. Солтүстік және Орта Каспи акваториясында кезінде анықталған: техногенді емес «сликтер» үлдірі аймақтары; табиғи мұнай көріністерінің аймақтары; газ сиптері аймақтары; «газды мұржалар», «газ-су» мұржалар, «газ-су-лай» мұржалар, покмарктер, экс-покмарктер; газ көріністерінің ошақтары түпкі рельефтің адырлы формаларына ұштастырылған. Бұзашы мен Түпқараған түбегінде «сальзалар» деп аталатын типтік газ-су-лай төбелер кезінде табылған. Арал-Каспий өңірінде конус тәрізді рельеф формалары – «шоқалақтар» жиі кездеседі. Бұл нысандарды дәстүрлі түрде геоморфологтар, ботаниктер және топырақтанушылар зерттеді, олар оны жер асты суларының түсіу негізінде пайда болғанын түсіндірді. Бұзашы лай шоқылары мен шоқалақтардың анализы олардың генетикалық сәйкестігін болжайды. Экологиялық мониторинг үшін және көмірсутек шикізатын барлау кезінде пайдалану мүмкіндігін ескере отырып, зерттеудің өзектілігі туралы пікірлер айтылды (II бөлім)

Авторлық зерттеудің жалғасында (III бөлім) Каспи маңы өңірінің сақиналы субвертикальді құрылымдар, покмарктер және экс-покмарктер туралы танымал деректер ұсынылған. Каспи маңы тұз күмбез аймағындағы жаңадан ашылған сақиналы субвертикальді құрылымдардың, покмарктердің және экс-покмарктердің геологиялық-геофизикалық сипаттамалары беріледі.

НЕГІЗГЕ СӨЗДЕР: Каспи өңірі, Скиф-Тұран тақтасы, сақиналы субвертикальді құрылымдар, «газды мұржа», «газ-су» мұржа, «газ-су-лай» мұржа, покмарк, экс-покмарк, лайлы шоқы, шоқалақ, флюид көріну, мониторинг.

CASPIAN REGION: ANNULAR SUB-VERTICAL STRUCTURES, POCKMARKS AND EX-POCKMARKS PART II

Yu.A. VOLOZH¹, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief scientific researcher
M.S. TROKHIMENKO^{2*}, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Chief scientific researcher

A.M. KALIMOV³, Senior geologist

M.T. YEDILBAYEV³, Master of Engineering and Technologies, geologist

¹Geological Institute of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation, 109017, Moscow, Pyzhevsky Street, 7, building 1

²JSC «Scientific Research Center «Oil»
National Engineering Academy, Republic of Kazakhstan
Republic of Kazakhstan, 050010 Almaty city, Bogenbay Batyr Street, 80, office 401

³«Falcon Oil and Gas LTD» LLP
Republic of Kazakhstan, 050022, Almaty city,
Almaty city district, Shevchenko Street, 90, Business Centre «Karatal», office 81

A compilation of available geological and geophysical materials and published data on annular subvertical structures and fluid manifestations within a fragment of the Scythian-Turan Plate (Caspian region) is performed. In the offshore of the Northern and Middle Caspian, the following were previously identified: zones of film «slicks» of non-technogenic origin; zones of natural oil showings; gas seeps zones; «gas pipes», «gas-water-mud pipes», pockmarks and ex-pockmarks; hilly forms of the bottom relief, confined to the centers of gas seeps. On the Buzachi and Tyubkaragan peninsulas, typical gas-water-mud hills called «salses» were previously discovered. On the territories of the Aral-Caspian region, cone-shaped relief forms – «chukalaki» are often found. These objects have traditionally been studied by geomorphologists, botanists, and soil scientists, who explained their formation by unloading groundwater. An analysis of the Buzachi mud hills and Chukalaks suggests their genetic identity. Considerations have been expressed on the relevance of their study for environmental monitoring and with a view to their possible use in exploration for hydrocarbons (Part II).

In continuation of the author's study (Part III), well-known data on annular subvertical structures, pockmarks and ex-pockmarks in the Caspian basin (Caspian region) will be presented. The results of a geological and geophysical study of the first identified annular subvertical structures and ex-pockmarks in the inter-dome troughs in the Caspian salt dome region will be presented.

KEY WORDS: Caspian region, Scythian-Turan plate, annular subvertical structures, «gas pipe», «gas-water pipe», «gas-water-mud pipe», pockmark, ex-pockmark, mud hill, chukalak, fluid seepages, monitoring.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части предпринятого нами исследования [1] представлен обзор широко распространенных на Земном Шаре (как на дне морей и океанов, так и на суше) аномальных кольцевых субвертикальных структур, создаваемых при их формировании вторичных структурных образований (*покмарки, экс-покмарки*) и природных флюидопроявлений.

Даже беглый анализ научных публикаций и доступных геолого-геофизических материалов позволил нам критически оценить понятийную базу этих объектов, сформулировать универсальный механизм формирования и предложить их типизацию.

Углеводородные системы – это источники энергии, создающей кольцевые структуры, то есть эти объекты могут служить индикаторами при поиске углеводородного сырья, а также для оценки миграционных путей пополнения запасов нефтегазовых месторождений.

Важным аспектом предварительной части нашего исследования является акцентированный вывод об актуальности и необходимости активного целенаправленного изучения всех видов дегазации земных недр. Это необходимо для мониторинга, как выясняется, весьма масштабных природных флюидопроявлений, существенно влияющих на состояние гидросферы и атмосферы планеты Земля, а также создающих опасные риски судоходству, производственной деятельности как на морских акваториях, так и на суше.

Во второй части нашего исследования обобщены доступные геолого-геофизиче-

ские материалы и опубликованные данные о кольцевых субвертикальных структурах и флюидопроявлениях в пределах части Каспийского региона (Скифско-Туранская плита).

Интенсификация производственно-хозяйственной деятельности на акватории Северного и Среднего Каспия приводит к различному загрязнению водной среды, в том числе и углеводородными продуктами. Добавляет проблем при разделении техногенных и природных загрязнений также то, что остается нерешенной проблема аварийных нефтяных скважин на акватории, затопленных самоизливающихся скважин на севере Каспия.

Несмотря на это, на акватории Северного и Среднего Каспия в разные годы были выявлены: обширные зоны пленочных «сликов» природного происхождения; зоны естественных нефтепроявлений; зоны газовых сипов; «газовые трубы», «водо-газовые трубы», «газо-водо-грязевые трубы», покмарки и экс-покмарки; специфические бугристые формы донного рельефа, приуроченные к очагам газопроявлений.

Сухопутная часть фрагмента Скифско-Туранской плиты остается практически малоизученной. В заливе Кайдак, на севере полуострова Бузачи и в урочище Тобеджик (полуостров Тюбкараган) в первом приближении изучены так называемые «сальзы» – газо-водо-грязевые сопки. Не вызывает сомнения связь их с нефтяными месторождениями.

На Южном Мангышлаке и Юго-Западном Устюрте ранее были выявлены конусообразные формы рельефа, именуемые – «чукалаки». Эти природные объекты традиционно изучались геоморфологами, ботаниками и почвоведомы, которые, в лучшем случае, формирование их объясняли разгрузкой высоконапорных подземных вод. Анализ особенностей строения и флюидопроявлений бузачинских грязевых сопок и чукалаков позволяет предполагать их генетическую идентичность. Высказаны соображения об актуальности и необходимости их детального изучения с целью мониторинга флюидопроявлений и возможного использования при поисках углеводородного сырья.

Часть III нашего исследования планируется посвятить как анализу изученных ранее кольцевых структур, экс-покмарков и флюидопроявлений в Прикаспийской впадине, так и конкретным результатам выполненных авторами геолого-геофизических исследований кольцевых субвертикальных структур и экс-покмарков, впервые выявленных в межкупольных депрессиях в Прикаспийской солянокупольной области.

СКИФСКО-ТУРАНСКАЯ ПЛИТА: КОЛЬЦЕВЫЕ СУБВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ, ПОКМАРКИ, ЭКС-ПОКМАРКИ

На схеме фрагмента Скифско-Туранской плиты (*рисунок 1*) показаны зоны, где в пределах акватории Среднего и Северного Каспия выявлены естественные нефтепроявления на водной поверхности, газовые сипы, а также «газовые трубы» грязевые вулканы, покмарки и экс-покмарки; на сухопутной части отмечены участки распространения газо-водо-грязевых и/или водо-грязевых сопок, именуемых сальзы, чукалаки.



Рисунок 1 – Скифско-Туранская плита и смежные структуры. Кольцевые субвертикальные структуры, покмарки, экс-покмарки, флюидопроявления на акватории Северного и Среднего Каспия и на суше (основа схемы создана на базе спутниковых снимков Google Map)

1, 2 – границы Скифско-Туранской плиты; 3–7 – контуры: 3 – зона пленочных «сликов» [2]; 4 – зона естественных нефтепроявлений по данным радиолокационного зондирования [3]; 5 – площадь исследования проявления землетрясений в позднечетвертичных отложениях [4]; 6 – зона проявления газовых сипов [7]; 7 – скопления газа в верхней части разреза и «газовые трубы» [5]; 8 – местоположение затонувшей СПБУ «60 лет Azerbaijan»; обозначение а – зона пленочных «сликов» в пределах морского продолжения Прикаспийской впадины [2]; нумерация на схеме: 1–7 – участки распространения газо-водо-грязевых сопков

Акватория Среднего и Северного Каспия

Пленочные «слики». В процессе проведения спутникового мониторинга, по заказу «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», на радиолокационных изображениях в зоне на границе Среднего и Северного Каспия к западу от полуострова Тюбкараган (см. рисунок 1, контур 3) прослежены регулярно появляющиеся на водной поверхности нефтепроявления [2]. Это двойные-тройные сигнатуры шириной 50–150 метров, длиной 0,3–3,0 км и площадью менее 0,5 кв. км. Появление на поверхности воды пятен-сликов авторы, на основании анализа радиолокационных исследований, интерпретируют как результат проявления одной из форм инъективных дислокаций (грифонов) в виде выброса на дно моря флюидов (нефти, газы, пластовые воды); которые регулируются «сочетанием особенностей флюидодинамики, сейсмичности и техногенных нагрузок на недра Каспия» [2].

Естественные нефтепроявления, покмарки. Согласно информации, приведенной в обзорной публикации [3], нефтепроявления на водной поверхности Северного и Среднего Каспия (см. рисунок 1, контур 4), обусловлены естественными источниками на дне и имеют ряд характерных признаков, которые, так или иначе, отображаются на радиолокационных изображениях. В 2018 году (экспедиция Института океанологии им. П.П. Ширшова, РАН) в Северном Каспии гидролокаторами бокового обзора на дне моря обнаружены покмарки, коррелирующие с интенсивными современными сликами на поверхности моря (рисунок 2).

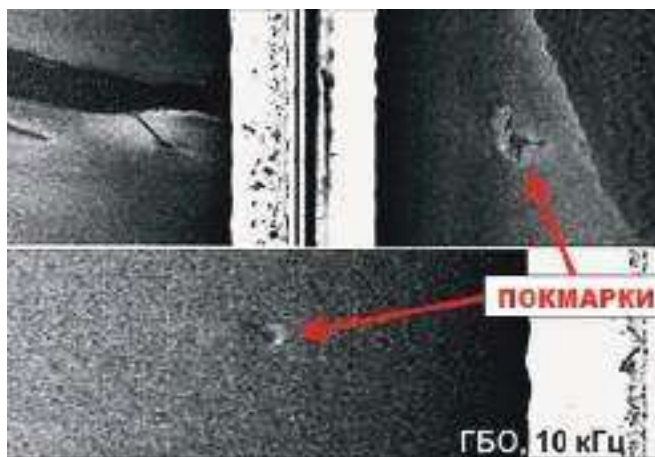


Рисунок 2 – Скифско-Туранская плита. Северный Каспий. Покмарки на дне моря. Записи гидролокаторов бокового обзора (по [3], с изменениями)

В 2004–2018 гг. в экспедициях Института океанологии им П.П. Ширшова РАН над «газовыми трубами» в Северном и в Среднем Каспии были исследованы воды и донные осадки. Выявлены повышенные концентрации металлов Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pb, Cd. Вода над некоторыми «газовыми трубами» обогащена железом в 192 раза больше по сравнению с фоновыми данными, марганцем в –70 раз, Cd – в 18,5, Zn – в 11,7, Cu – в шесть раз. В осадках в районе «газовых труб» отмечено повышенное содержание нефтяных углеводородов [6 и др.].

Проявления землетрясений, зоны дегазации, «газовые трубы», покмарки.

В результате сейсмоакустических исследований высокого и ультравысокого разрешения (Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2004–2018) [4], в Среднем Каспии (см. рисунок 1, контур 5) обнаружено множество аномалий акустического поля, которые обусловлены сравнительно высоким уровнем сейсмичности в этом регионе. «Вблизи очагов землетрясений в структуре современных осадков и рельефе морского дна наблюдаются десятки нарушений: разломы и серии разломов амплитудой до 20 метров, вертикальные зоны потери корреляции («газовые трубы»), горизонтальные зоны потери корреляции» [4]. Исследователи предполагают, что на сейсмоакустических разрезах наблюдается не только локальный отклик на напряженное состояние горных пород, но и флюидодинамическая активность (дегазация) нефтегазоносных горизонтов, потревоженных землетрясениями.

На сейсмоакустических профильных пересечениях, отработанных в Дербентской глубоководной котловине и у северного подножия Абшеронского порога, аномальные структурные формы на дне моря (грязевые вулканы) (рисунок 3) (по Д.Р. Мерклину, 2010) и вертикальные зоны потери корреляции, которые, по мнению исследователей [4], соответствуют «классическим» акустическим аномалиям типа «газовая труба». Выходы «газовых труб» на морском дне фиксируются типичными покмарками (рисунок 4).

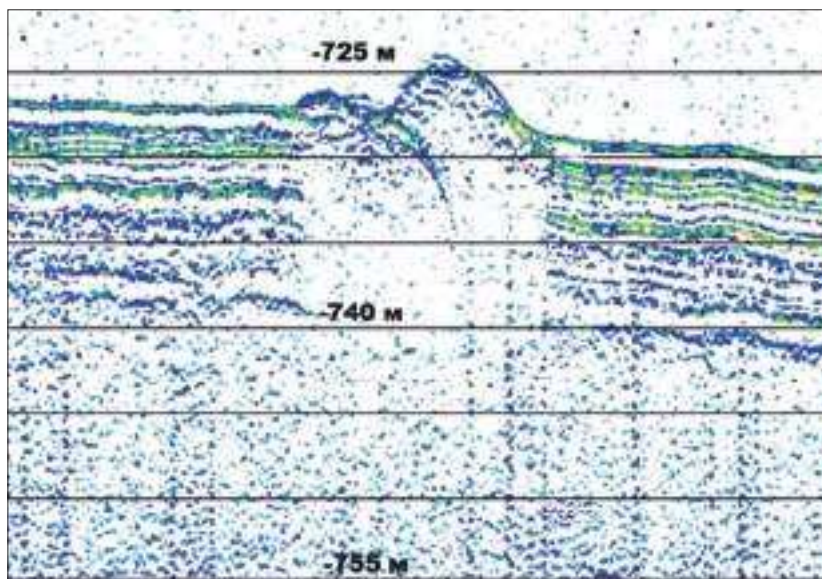


Рисунок 3 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. Грязевый вулкан. Сейсмоакустический профиль (по Д.Р. Мерклину, 2010, с изменениями)

Сейсмоакустическими исследованиями выявлены: в пределах Мангышлакского порога зоны дегазации, интерпретируемые как погребенные «газовые трубы» (рисунок 5); у подножия Абшеронского порога – зоны дегазации, «газовые трубы», покмарки (рисунок 6).

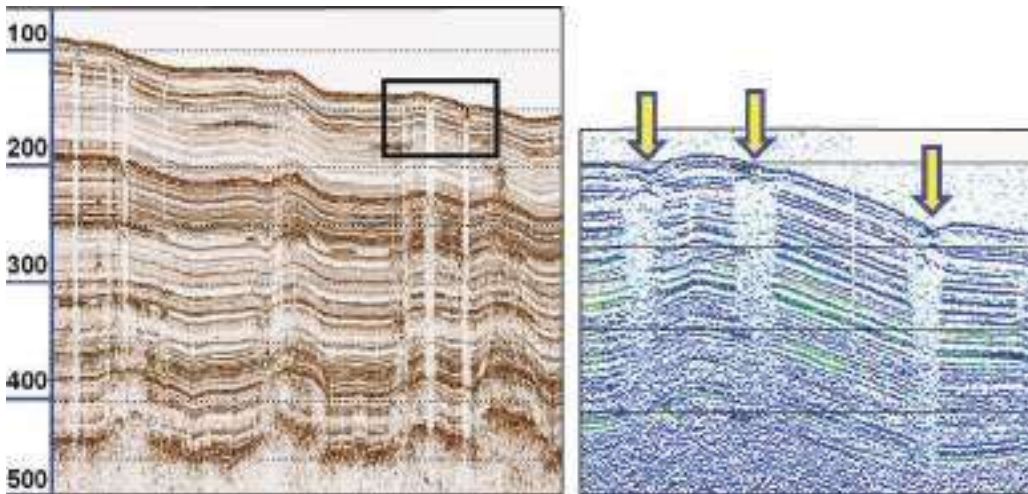


Рисунок 4 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. «Газовые трубы». Сейсмоакустический профиль (слева) (шкала в мс) (по Д.Р. Мерклину, 2010, с изменениями). На увеличенном фрагменте профиля (справа) стрелки указывают на покмарки.

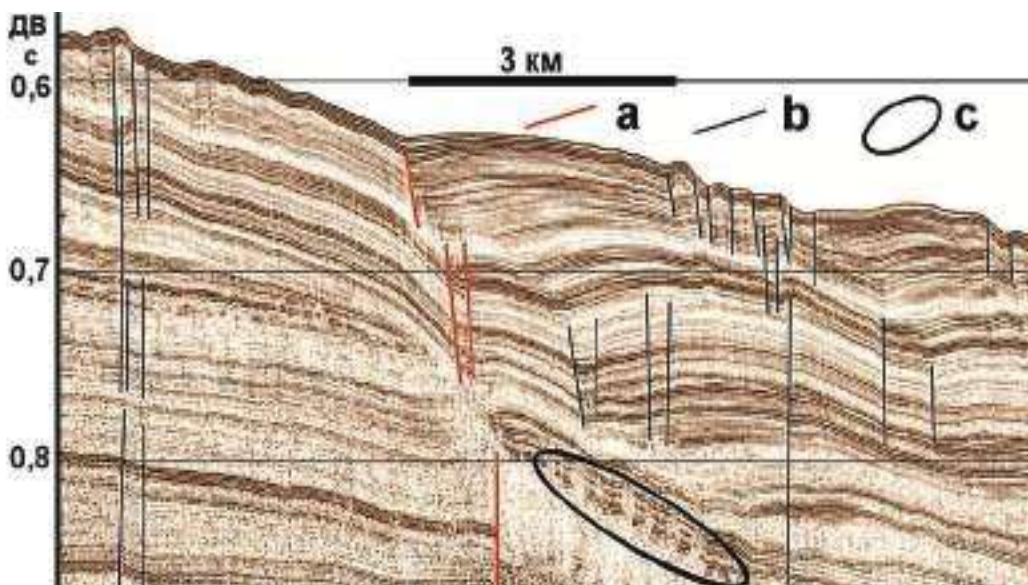


Рисунок 5 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. Мангышлакский порог. Погребенные «газовые трубы» – зоны дегазации. Сейсмоакустический профиль (шкала в мс), (по [4], с изменениями) а – долгоживущая серия нарушений (разлом); б – дизъюнктивные нарушения; с – флюидная палеоактивность (погребенные «газовые трубы»)

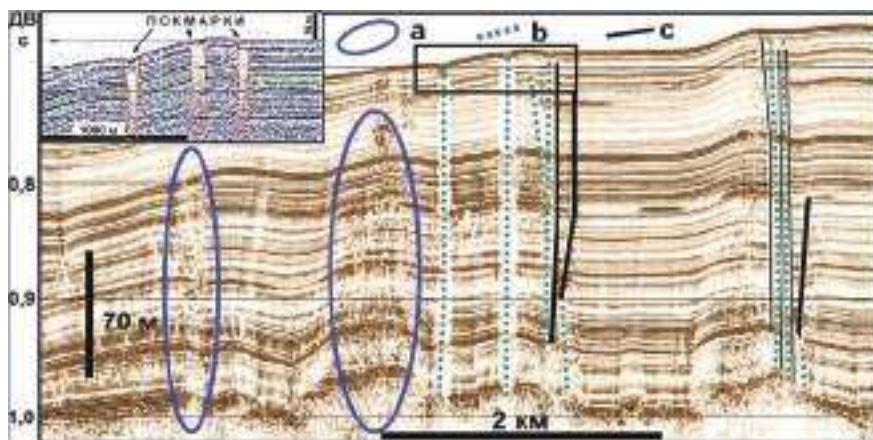


Рисунок 6 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. Подножие Абшеронского порога, «Газовые трубы», покмарки, зоны дегазации. Сейсмоакустический профиль (шкала в мс) (по [4], с изменениями). а – зоны дегазации; б – «газовые трубы»; с – дизъюнктивные нарушения

Проявления газовых «сипов», грядобразные формы рельефа, конусовидные карбонатные тела. На акватории Северного Каспия (см. рисунок 1, контур б) при проведении сейсмоакустического профилирования и гидролокационного обследования на трех участках были обнаружены очаги разгрузки метана [7]. Один из участков был изучен детально.

На сейсмоакустических разрезах газопроявления фиксируются как амплитудные аномалии пирамидального сечения с вершинами, достигающими донной поверхности и сопровождающимися конусовидными ореолами в водном слое (рисунок 7)

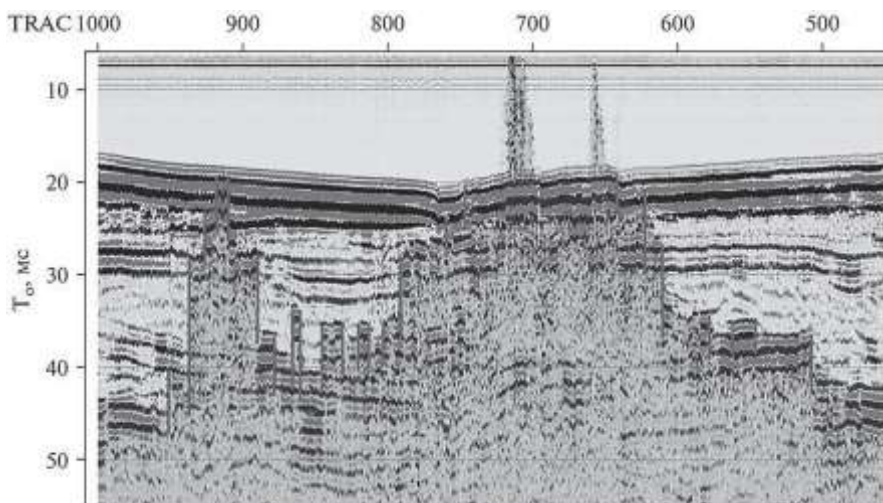


Рисунок 7– Скифско-Туранская плита. Северный Каспий. Сейсмоакустический профиль, по [7]. Скопления газа в осадках. Газовые сипы идентифицируются по факелообразным аномалиям в водной толще.

В большинстве мест проявления таких аномалий на гидролокационных записях (сонограммах) на дне выделяются участки с мелкобугристым рельефом, удлиненные грядобразные тела и отдельные холмики, нередко конусовидной формы [7] (рисунок 8).

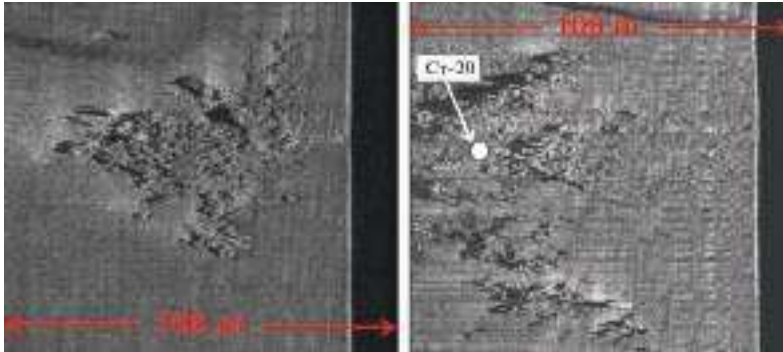


Рисунок 8 – Скифско-Туранская плита. Северный Каспий.

Сонограммы морского дна, по [7], с изменениями. Скопления тел, образованные прочными сцементированными осадками. С-20 – станция опробования

На детально изученном участке, судя по теням, образующимся на сонограммах, отмечаются обособленные тела высотой до 1.3 м. Их ширина у основания достигает 4.5–8.0 м. Наиболее крупное тело высотой 1.6 м и шириной 15 м обнаружено на северо-восточном фланге площадки. Участки с мелкобугристым рельефом имеют различные размеры – от нескольких десятков метров до 200–250 м в поперечнике [7].

Такие участки дна отчетливо отображаются как на эхолотограммах, так и на высокочастотных сейсмоакустических разрезах (рисунок 9).

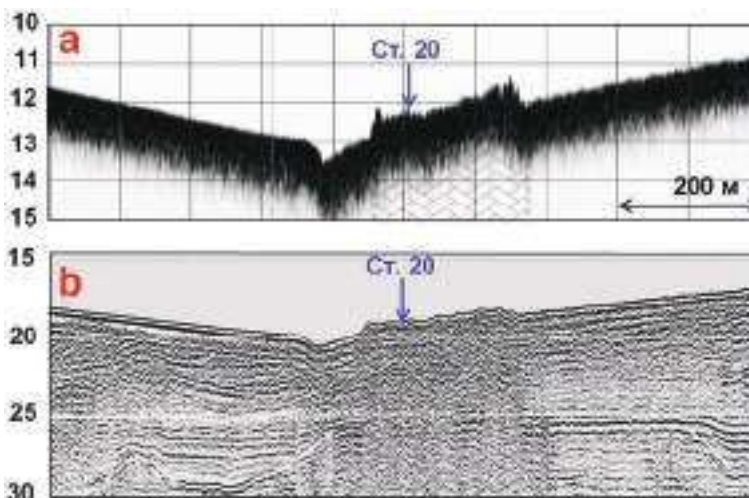


Рисунок 9 – Скифско-Туранская плита. Северный Каспий.

Расположение сцементированных осадков в рельефе дна (по [7], с изменениями):

- a** – на эхолотограмме (шкала в м);
- b** – на высокочастотном сейсмоакустическом разрезе (шкала в мс).

По данным телевизионного обследования, на дне фиксируются газопроявления в виде мелких пузырьков. Вблизи таких мест распространены обособленные холмы, грядоподобные формы и плоские подушечнообразные и плитообразные тела, обросшие водорослями и обрамленные скоплениями раковин [7] (рисунки 10).

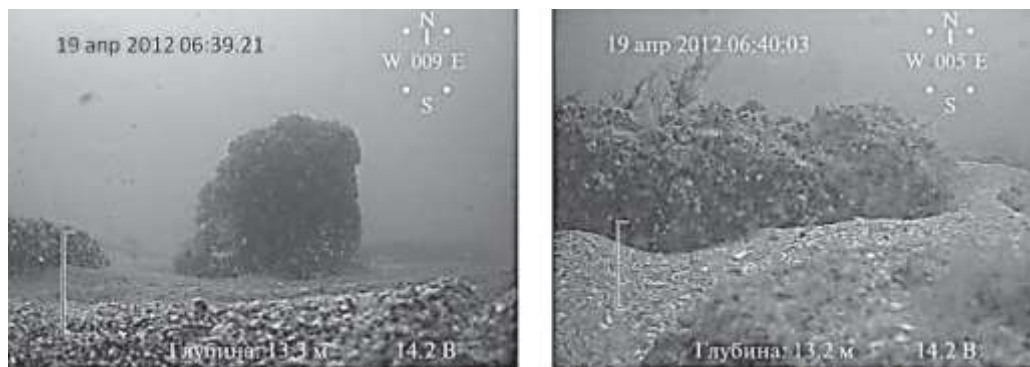


Рисунок 10 – Скифско-Туранская плита. Северный Каспий.
Фотографии поверхности дна в местах истечения газа, по [7], с изменениями.

Исследователи произвели отборы образцов карбонатных построек, грядообразных форм и цементированных карбонатами донных отложений. На основании минералогических исследований пришли к выводу, что локальная активизация аутигенного минералообразования связана с очагами разгрузки углеводородного газа [7].

Углеводородный газ является характерным компонентом грунтовой толщи Северного Каспия. Скопления его до глубин 80–100 м от дна отчетливо фиксируются на сейсмоакустических записях. В отложениях встречаются скопления двух типов: автохтонные и аллохтонные. Проведенные исследования показывают, что в местах выделения газа происходит интенсивное осаждение карбонатов, цементирующих пески и ракушняки. Здесь же отмечается образование диагенетических сульфидов и осаждение барита, незначительное количество которых, как и значения $\delta^{18}\text{O}$ в карбонатах, указывает на отсутствие мощных очагов разгрузки подземных вод глубокой циркуляции, резко отличных по составу от морской воды. По всей вероятности, здесь происходит разгрузка преимущественно свободного («сухого») метана, в составе которого присутствует изотопно-легкая по углероду CO_2 . При контакте с морской водой она локально активизирует процессы хемогенного карбонатакопления, вызывая цементацию осадка и формирование карбонатных каемок на песчаных зернах. При небольшой глубине моря в условиях активного волнового воздействия локальная цементация рыхлых отложений способствует формированию мелкобугристых форм рельефа [7].

Авторы исследования, результаты которого использованы нами, чтобы получить представление об особенностях флюидопроявлений на акватории Северного Каспия, в 2013 году были убеждены, что изученный ими «...участок дна заслуживает дальнейшего изучения в геологическом и экологическом аспектах, поскольку газовые силы являются показателями газоносности осадочной толщи, индикаторами

интенсивной миграции флюидов по разрезу и влияют на формирование подводных ландшафтов и биоценозов» [7].

Карбонатные тела, холмы, конусовидные сопки, сцементированные донные осадки встречаются практически на дне всех морей и океанов. В качестве примера карбонатных тел, близких по многим параметрам каспийским, можно привести достаточно хорошо изученные аналогичные постройки на дне Черного моря (рисунок 11).

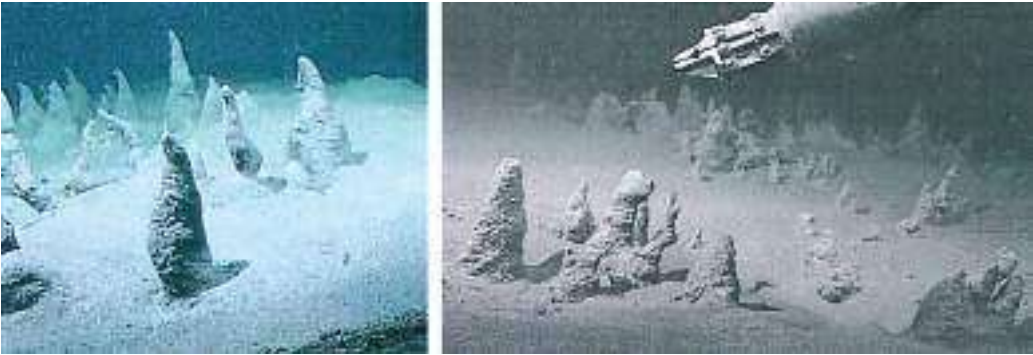


Рисунок 11 – Украина. Палеоруслу реки Днепр. Поля карбонатных построек в глубоководной части (730 м) (по Егоров и др., 2011).

Украинские исследователи выявили некоторый критерий, который может быть использован в качестве подспорья при мониторинге флюидопроявлений: «Карбонатные постройки свидетельствуют о длительности функционирования газовых факелов. Формы проявления карбонатных построек достаточно разнообразны. Установлено, что один сантиметр постройки вырастает примерно за 33–34 года. Возраст отдельных построек достигает 30 тыс. лет. Судя по этим данным, масштабы газоотдачи дна Черного моря – просто грандиозные. Газоотдача продолжается минимум 30 тыс. лет» (Егоров и др., 2011).

Необходимо отметить широкое морфологическое разнообразие карбонатных построек в Средиземном море, Северной Атлантике и других акваториях. Встречаются карбонатные тела размерами от первых метров до многих сотен метров (рисунок 12).

Участок акватории Северного Каспия, данные о котором широко использованы нами, безусловно, не является «заповедником» газовых сипов. Мощные сипы фиксируются и на акватории Среднего Каспия (рисунок 13).

Скопления газа в верхней части разреза и «газовые трубы». В 2013 году на участке в Среднем Каспии (см. рисунок 1, контур 7) сейсморазведочными исследованиями выявлены скопления газа в верхней части разреза и «газовые трубы» [5] (рисунок 14)..

На фрагменте временного разреза отчетливо заметно понижение уровня амплитуд в сводовой части, перекрытой газовой «шапкой». На верхнем рисунке синим и красным цветом показаны зоны скопления газа в верхней части разреза на своде и фланге структуры, определенные по данным сейсмоки и подтвержденные бурением [5] (см. рисунок 14).

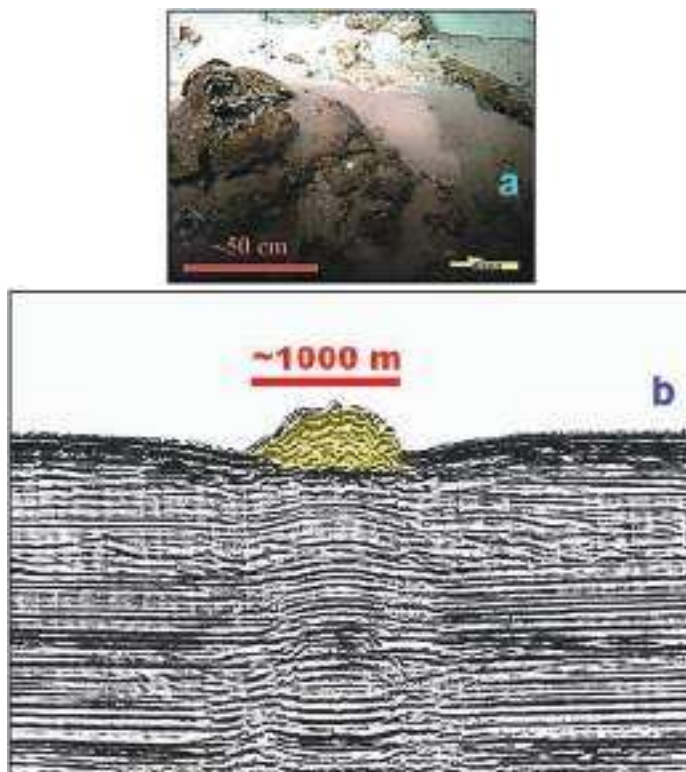


Рисунок 12 – Карбонатные образования на дне морей.

a – Средиземное море. Египетская континентальная окраина. Карбонатное тело (carbonate chimneys), по [8], с изменениями **b** – Юго-Западная Ирландия. Фрагмент сейсмического профиля 2Д. Гигантский карбонатный холм (высота около 100 м, длина основания – около 1 км. Глубина воды около 800 м), по [9]



Рисунок 13 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. Газовый сип высокой интенсивности (аэрофотосъемка) [10]

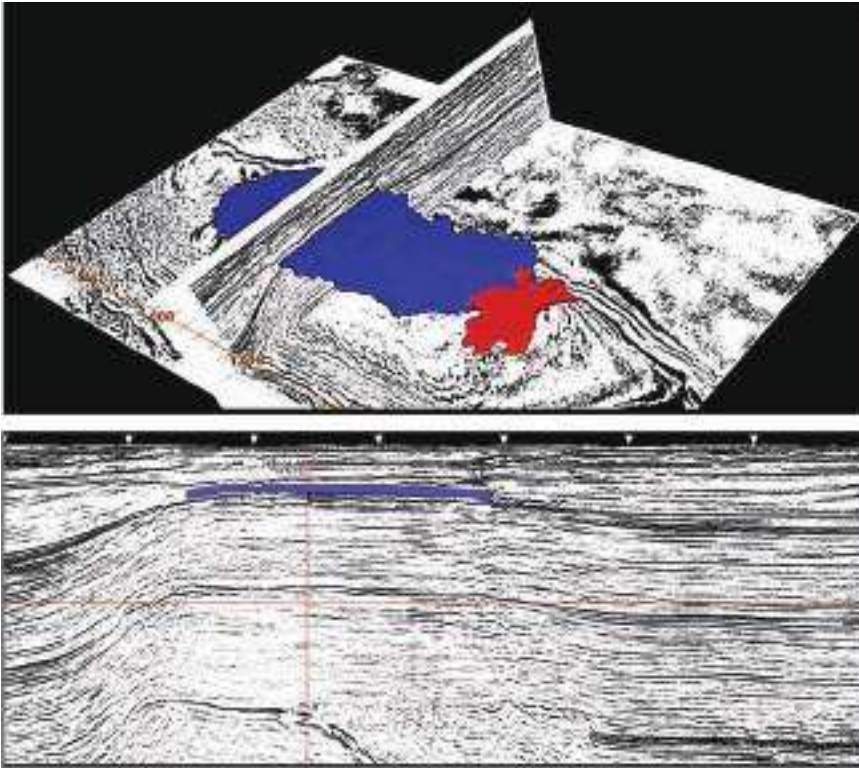


Рисунок 14 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. Предполагаемая «газовая труба» и скопления газа в своде локальной структуры (по [5], с изменениями).

«Газовые трубы», «газовые карманы», риски при проведении буровых работ.

В Среднем Каспии на перспективной структуре Ракушечная-море была заложена поисковая скважина 4 с проектной глубиной 4500 м (см. рисунок 1, 8). После установки СПБУ «60 лет Азербайджана» бурение начато 9 августа 1983 г. При забое 445 м после проходки по глинам олигоцена произошло газо-водопроявление, после его ликвидации и достижения забоя 505 м была спущена обсадная колонна и зацементирована. Через шесть часов началось интенсивное газо-водопроявление, незатвердевший цемент был выброшен, образовался газовый фонтан на высоту 50 м, в результате размыва устья скважины и возникновения грифона под второй опорой установка накренилась и 9 сентября обрушилась и затонула. Погибли два человека. Спасатели подождли газовый фонтан. Через пять дней фонтанирование прекратилось. Возобновилось фонтанирование на некоторое время в 1991 г. По результатам обследований водолазами (1984, 1988, 1996, и 2005 гг.) из разрушенного устья скважины и воронки (воронки), образованной грифоном, происходит постоянное обильное высачивание газа.

В настоящее время затонувшая установка находится на глубине 43 м, над водой видна только часть юго-западной опоры № 1 (рисунок 15).



Рисунок 15 – Скифско-Туранская плита. Средний Каспий. Ракушечная-море. Видимая над водой часть юго-западной опоры затонувшей СПБУ «60 лет Азербайджана» (фотокадр из видео, 17 сентября 2012 г.)
(источник: <https://www.youtube.com/watch?v=LXQIDroDkCo>)

Спустя несколько лет после аварии и затопления СПБУ на Ракушечная-море авторы публикации (Ю.А. Волож и М.С. Трохименко) принимали участие в комплексной проверке объединения «Азнефть» комиссией госгеолконтроля Мингео СССР. В заключении о причинах аварии, в частности, было отмечено, что в результате анализа материалов бурения и аварии на скважине Ракушечная-море 4 не удалось выявить как «традиционный человеческий фактор», так и наличие фактора, не выявленного при интерпретации геолого-геофизических материалов и обоснования постановки поискового бурения.

Сегодня имеются достаточно убедительные основания объяснить аварию и затопление СПБУ «60 лет Азербайджана» наличием в геологическом разрезе до глубины 500 м нетрадиционной газовой залежи («газовый карман»), созданной активной «газовой трубой». Весьма вероятный аналог – это газовое скопление и «газовая труба», выявленные в результате современного анализа материалов сейсморазведки 3Д на соседней структуре (см. рисунок 14). К этому необходимо добавить, что в 2013 году «Южморгеология» по заказу *Caspian engineering company* завершила гидрографические и инженерно-геофизические работы в районе строительства нефтегазопроисковой скважины на структуре Ракушечная-море в казахстанском секторе Каспийского моря. На площадке 3x5 км отработано 220 км комплексных профилей, промеры глубин моря, двухчастотное профилирование, магнитная съемка, гидролокация бокового обзора, сейсморазведка 2D высокого разрешения. По результатам работ выявлены сейсмические аномалии типа «газовый прорыв», представляющие опасность для бурения скважины» [11].

Комментарий в данную тему из подборки фактов В.И. Богоявленского, [12]:
«При проведении буровых работ на многих акваториях Мирового океана и на континентальной суше при попадании буровых инструментов в «газовые карманы» неоднократно происходили трагические последствия с гибелью буровых судов и установок и человеческими жертвами. В частности, в 1981 году в Южно-Китайском море вместе с экипажем затонуло буровое судно «Петромар-5...»

Полуостров Бузачи

В 1832 году натуралист Г.С. Карелин, обследуя залив Кайдак, в журнале экспедиции по изучению северо-восточных берегов Каспия сделал запись: «С удивлением заметил я, что со всякими ударами весел, почти касавшихся дна, выплывали большие круги жирного зеленоватого вещества... Неподалеку от Новоалександровска есть соленый ручеек... далее течет горная смола, еще далее белая нефть» [13].

В 1970-х годах на полуострове Бузачи: в заливе Кайдак (Мертвый Култук) на упомянутом Г.С. Карелиным участке и к юго-западу от него (см. на рисунке 1 – 1 и 2), а также в северной части Большого Сора (см. на рисунке 1 – 3) выявлены и обследованы газо-водяные сопки [14, 15; В.П. Токарев и М.С. Трохименко, 1978].

Согласно [14], – это проявления грязевого вулканизма – сопки (сальзы). Размеры изученных сопок: диаметр до 15 м по основанию, высота от 0,5 до 1,8 м. Размеры кратеров 0,1–0,8 м, глубина воронки до узкой трубки – не больше 0,5 м (рисунок 16).



**Рисунок 16 – Скифско-Туранская плита. Залив Кайдак.
 Газо-водо-грязевые сопки [16]**

Вместе с высокоминерализованной водой выносятся минеральные частицы, преимущественно тонкозернистый алеврит, и пузырьки метана с повышенным содержанием гелия. В ряде кратеров вода изливается весьма интенсивно. В Большом Соре сопки образуют полосу субширотного простирания до 6 км длиной и 1.5 км шириной [14].

Бузачинские сопки расположены над нефтяным месторождением Бузачи Северные. Предполагается, что формирование их обусловлено дегазацией нефтяных залежей.

Нефть юрских горизонтов характеризуется значительной плотностью (в среднем, при 20°C – 0,9396 г/см³). Нефти из меловых пластов – более тяжелые, битуминозные

(плотность при температуре 20°C достигает 0,9500 г/см³). При этом выявлены залежи как нефтяные, так и газо-нефтяные, – информация к размышлению.

Полуостров Тюбкараган

В урочище Ханга-Баба, сформировавшегося над сводом локальной структуры Тобеджик (крупное месторождение битуминозных песков и месторождение тяжелой нефти) (см. на рисунке 1 – 4), выявлены и обследованы 13 грязевых сопок [14; В.П. Токарев и М.С. Трохименко, 1980, 1985]. Размеры сопок: диаметр основания – до 25 м, высота некоторых больше 2,0 м. Склоны сопок поросли травой, кратеры запылились, вода из кратеров сочится слабо без растворенного газа. Расположены сопки в виде двух параллельных субширотных полос, по 5–7 в каждой [14].

На Туранской плите многие годы геоморфологи, географы, ботаники изучали ландшафтные образования – конусообразные песчаные холмы, традиционно именуемые «**чукалаки**». Типичные чукалаки впервые описал в 1913 году В.А. Обручев в урочище Биш-бастад (Джунгария, юго-восточная оконечность горного хребта Джаир). Несмотря на то, что в некоторых случаях к постройкам, описываемым как чукалаки, были приурочены проявления газа и нефти, эти объекты, по крайней мере до 1975 года, в поле зрения поисковиков-нефтяников не попадали. Тем более, что описания этих объектов, трактовка их происхождения специалистами не геологами этому не способствовали. В «Геоморфологическом словаре-справочнике» [17] дано определение: «**Чокулаки**. Чекалаки, чукалаки, чоколаки – песчаные бугры, образующиеся на солончаках около выходов грунтовых вод. Имеют клиновидную, яйцевидную и овальную форму. Высота до 1,5–2,0 м, ширина до 4–5 м, длина до 78 м. Разновидность кучевых песков».

В изданной в 2006 году монографии Н.Ф. Глазовского «Геохимические потоки в биосфере» [18] им обобщены как материалы по чукалакам большинства исследователей, изучавших их 1940–1960-е годы, так и собственные результаты полевых исследований.

Южный Мангышлак

Вероятней всего, что из-за недостаточной изученности рельефа Южного Мангышлака, чукалаки выявлены только во впадине Карагие (сор Батыр) [18] (см. на рисунке 1 – 5).

Юго-западный Устюрт

В пределах фрагмента Скифско-Туранской плиты (Каспийский регион) находится только юго-западная окраина Устюртского природного заповедника (см. на рисунке 1 – 6). На юго-западной части заповедника находится газовое месторождение Кансу (рисунок 17).

На месторождении ранее уже пробурены 40 разведочных скважин. Разработка сможет создать заповеднику организационные, правовые, экологические проблемы.

Согласно материалам-проспектам о природе, флоре и фауне заповедника, «*наряду с впадинами рельеф Устюрта составляют также чукалаки или бугры, имеющие высоту 2–5 м. Чукалаки состоят из частиц мелкозема и соляной пыли, осевших во-*

круг куста так, что верхушка торчит над чукалаком. Куст обычно не превышает 1–2 м, однако его внутренний рост может достигать до 5–7 м. Известны образования кустов до 25–30 м в диаметре».



Рисунок 17 – Устьюрт Юго-Западный. Газовое месторождение Кансу. Устьюртский национальный заповедник

На основании анализа спутниковых карт сделана предварительная интерпретация с целью выявления описанных чукалаков во впадине Карынжарык (рисунок 18).

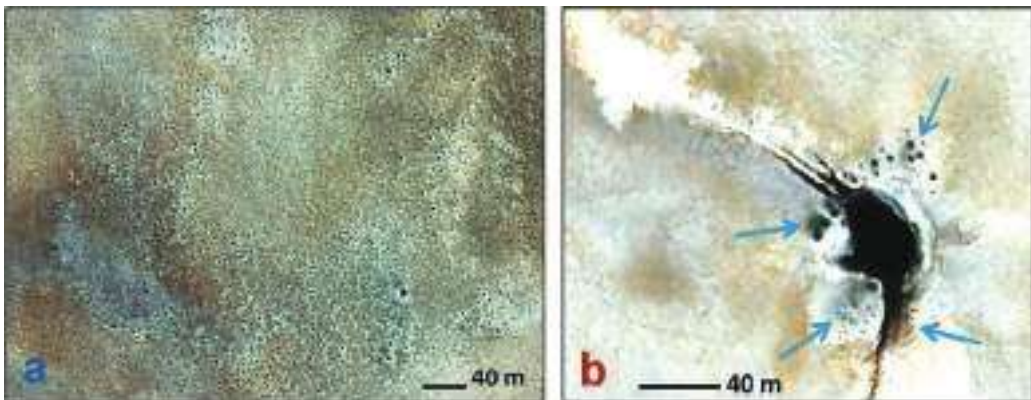


Рисунок 18 – Устьюрт Юго-Западный. Впадина Карынжарык. Чукалаки. Спутниковые карты поверхности

a—отдельные черные точки—это чукалаки; **b**—звездочкой отмечен большой чукалак, стрелками показаны группы мелких чукалаков [источник: <https://gis.geology.gov.kz/geo/>]

На рисунке 18 (a) уверенно интерпретируемые мелкие чукалаки соответствуют упомянутым в проспектах заповедника и, вероятно, аналогичные бузачинским и тюбкараганским газо-водяным сопкам. Механизм формирования тех и других работает на энергии дегазации нефтяных и газовых месторождений.

Сравнительно большой чукалак (см. рисунок 18(b)), предположительно, является элементом экс-покмарка, то есть формирование его связано с «газо-водяной трубой».

Наличие разнокалиберных чукалаков над газовым месторождением – это возможность на основании целенаправленной переинтерпретации геолого-геофизических материалов понять механизм их формирования, а также оценить вероятность причастности «газовых труб» к формированию месторождения углеводородов.

Залив Кара-Богаз-Гол

Во время, когда залив пересох, в северной части (см. на рисунке 1 – 7). Н.Ф. Глазовским был исследован крупный чукалак (рисунок 19).



Рисунок 19 – Залив Кара-Богаз-Гол. Ландшафтный профиль чукалака, по [18], с изменениями

1 – канал поступления воды в чукалак; 2 – торфяное ядро чукалака; 3 – глинистые отложения новокаспийского возраста; 4 – глинистые опесчаненные карбонатно-гипсовые отложения; растительность: на своде чукалака тростник и тамариск; на склонах чукалака – солянки

По мнению Н.Ф. Глазовского [18], «...разгрузка напорных вод на дне Кара-Богаз-Гола привела к формированию своеобразных ландшафтов – зон разгрузки. В их пределах можно выделить урочища чукалаков и обсохшего дна залива, занимающие пространства между чукалаками. В урочище чукалаков выделяются ландшафтные фации, возвышающиеся над дном залива и различающиеся по видовому составу растительности и ее формам, а также строению почвенного профиля и химическому составу почв. Формирование ландшафтных и ландшафтно-геохимических особенностей фаций происходит также под воздействием разгружающихся подземных вод».

Отметим также мнение исследователя [18] об особенностях биоценозов, присущих локальным постройкам (чукалаки). «Приуроченность наибольших скоплений раковин к зонам, примыкающим к ядру чукалака, – свидетельство, на наш взгляд, генетической обусловленности этого накопления разгрузкой подземных вод. По-видимому, вблизи чукалака, по которому постоянно поступали относительно

слабоминеральные воды при регрессии моря и постоянном осолонении залива, под влиянием разгрузки дольше всего сохранялись экологические условия, благоприятные для жизнедеятельности моллюсков».

Это издание послужило нам отправным пунктом для поиска ответов на многие вопросы, возникающие при попытке понять природу этих построек.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Анализ данных об аномальных геологических объектах (кольцевые субвертикальные структуры, покмарки и экс-покмарки) и активных флюидопроявлениях в пределах фрагмента Скифско-Туранской плиты (Каспийский регион) позволяет сделать следующие выводы.

- Изученность в аспекте наших исследований акватории Северного и Среднего Каспия на фоне доступного обширного информационного массива о флюидопроявлениях на акваториях Земного Шара (Северная Атлантика; шельфовые зоны Африки, Северной и Южной Америки; Мексиканский залив, Средиземное море и другие) [1] выглядит просто крайне ограниченной.

- Несмотря на слабую изученность, доступные материалы и данные по Каспийскому озеру-море подтверждают, что в пределах его акватории в геологическом прошлом формировались и формируются донные все типы кольцевых субвертикальных структур и сопровождающие их флюидопроявления (газовые, газо-водяные, газо-водо-нефте-грязевые и др.). Происходит загрязнение гидросферы и атмосферы со всеми вытекающими последствиями. Существуют реальные угрозы безопасности судоходства, освоения нефтегазовых ресурсов.

- Морфоструктурные образования и флюидопроявления на дне морей и океанов фиксируются и изучаются намного более эффективно и достоверно, по сравнению с аналогичными формированиями и проявлениями на суше. По этой причине и при отсутствии целенаправленных исследований практически невозможно оценить вполне вероятные угрозы природного характера экологии Мангистауского и Устьуртского регионов.

- В 30–60-х годах минувшего века на обширной территории Туранской плиты были выявлены и изучались географами, геоморфологами, гидрогеологами и ботаниками так называемые «гидрогеогенные ландшафтные формы» – чукалаки. По данным Н.Ф. Глазковского [18], характерные чукалаки широко распространены в восточном Приаралье во впадине Мынбулак.

Впадина Мынбулак расположена на северо-востоке Туранской плиты, имеет длину около 100 км и ширину до 50 км. *«В гидрогеологическом отношении впадина – часть одноименного артезианского бассейна, основные водоносные горизонты которого приурочены к пескам эоцена, сенона и альб-сеномана и связаны между собой. Еще первые исследователи Мынбулака – М.Д. Спиридонов, С.Ф. Липшиц, Б.А. Петрушевский (1939) – обратили внимание на большое количество родников, приуроченных к буграм-чукалакам, в дальнейшем здесь было обнаружено около 180 источников (Посохов, 1944; Попов, 1959; Соколов, 1962; Островский, 1962). Максимальный дебит одного источника 6 л/сек., а общий видимый расход всех*

источников 100–150 л/сек. (Посохов, 1944). Максимальная высота чукалаков 25 м, а диаметр 250 м.» [18, с. 514]

Краткая характеристика этих ландшафтных форм позаимствована также их монографии Н.Ф. Глазковского [18]. *Склоны чукалаков изборозжены промоинами, образованными стекающими от источника ручейками. На вершинах чукалаков растет высокий тростник (до 4 м), на некоторых чукалаках – ивы. Здесь происходит накопление торфа мощностью до 15 м (возможно более). Весь водовыводящий канал заполнен крупнозернистым полимиктовым песком белым кварцевым с мелкой слабоокатанной галькой. Чукалаки окружены солончаками. Засолонение почвенного слоя достигает 30%. По наиболее крупным родникам-чукалакам за год может поступать до 200 т солей. Из микроэлементов в почвах этой фации происходит накопление Ag и V.*

Основываясь на этих сведениях, впадина Мынбулак на северо-востоке Туранской плиты выбрана нами в качестве возможного эталона для оценки необходимости организации изучения и мониторинга флюидопроявлений, формирующих чукалаки. В результате анализа спутниковых карт впадины Мынбулак, помимо ранее непосредственно изученных в полевых условиях чукалаков, нами были выявлены пространственно связанные с ними отчетливые изометрические формы рельефа (рисунком 20a). Авторы интерпретируют эти образования как геологические структуры – экс-покмарки, являющиеся вторичными производными, кольцевых субвертикальных структур (в данном случае «газо-водяные трубы» (рисунком 20b).

Несмотря на отсутствие в нашем случае информации о глубине и структурных особенностях подводящих каналов, обусловивших формирование изометрических западин и «деятельность» чукалаков, правомерность авторской интерпретации основывается на сопоставлении поверхностных структур Турана с более изученными аналогами в Прикаспийской впадине [19, 20].

После выявления «газовых труб» и экс-покмарков в межкупольных мульдах Прикаспийской солянокупольной области обнаружение на поверхности в пределах Туранской плиты аналогичных структур, которые можно интерпретировать как экс-покмарки, является многозначным и очень важным фактом. ***Это открытие требует детального изучения.***

Ниже приведены только краткие результаты дистанционного знакомства с аномальными геологическими объектами во впадине Мынбулак.

Прежде всего, необходимо отметить: судя по размерам этих структур (от первых сотен метров до четырех километров) и характеру флюидопроявлений в пределах всей впадины, они генетически связаны с «газо-водяными трубами». Наиболее вероятным энергетическим источником, обеспечивающим формирование этих кольцевых структур, является углеводородная система ***второго или третьего типа*** [21].

В глаза бросаются характерные особенности поверхностной морфологии экс-покмарков. В контуре изометричных структур, по крайней мере, на предварительно изученном участке мульды (см. рисунок 20), близко к геометрическому центру расположены конусообразные водо-грязевые сопки (чукалаки). В некоторых случаях в пределах контуров покмарков дополнительно сформировались чукалаки меньшего размера. Валы выброшенной породы, окружавшие раньше воронки

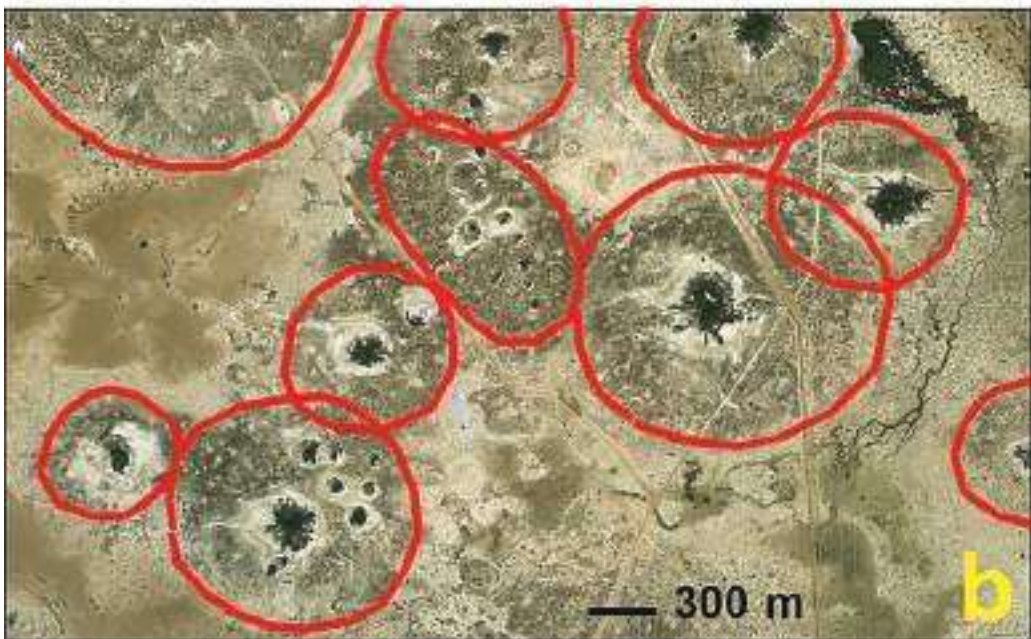
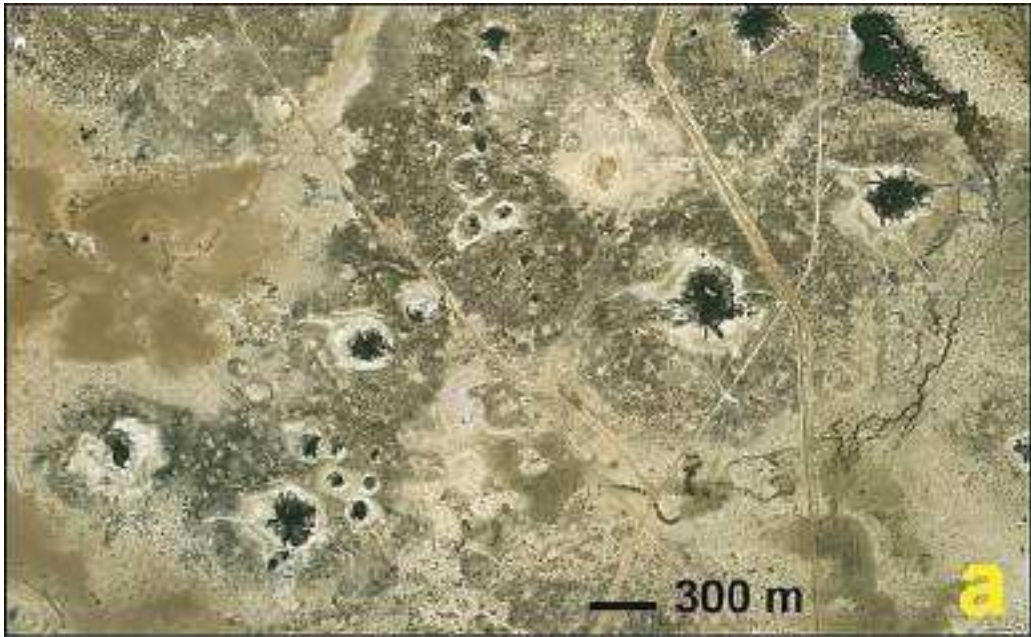


Рисунок 20 – Туранская плита. Впадина Мынбулак. Экс-покмарки и чукалаки.
a – спутниковая карта участка поверхности впадины;
b – авторская интерпретация: экс-покмарки – красный контур; чукалаки: черный цвет – вершина; свето-серый цвет – склоны [источник: <https://gis.geology.gov.kz/geo/>]

взрыва, в отдельных случаях достаточно хорошо сохранились. При этом, в отличие от остальной части экс-покмарков, не успели (не смогли) обзавестись травяным покровом и зарослями кустарников.

Эти наблюдения позволяют утверждать следующее. Согласно нашим представлениям [1], на первоначальном кратковременном «активном этапе» были сформированы кольцевые структуры и взрывные кратеры-покмарки значительных и гигантских размеров. В последовавшем затем «периоде относительного спокойствия» покмарки были основательно захоронены терригенными осадками. Повторная активизация флюидопроявлений привела к образованию грязевых сопков (чукалаки). После краткого «активного периода» длительное время продолжается «период относительного спокойствия», поэтому ныне на спутниковых картах отчетливо дешифрируются: **экс-покмарки** – типичные «западины», именуемые также «урочища» [18], с участками солончаков и растительным покровом и **чукалаки** – родники-источники с зарослями камыша на сводах (см. рисунок 20).

К вышеизложенному мы обязаны добавить следующее.

- По состоянию на 1960–е годы [18], во впадине Мынбулак выявлены 180 чукалаков.

- Количество экс-покмарков, которые, весьма вероятно, являются структурными осложнениями «газо-водяных труб», предстоит определить.

- Экс-покмарки выявлены нами также и за пределами впадины Мынбулак.

- Поля экс-покмарков и чукалаков расположены в пределах Южно-Тургайской нефтегазоносной области.

- В пределах впадины Мынбулак расположены месторождения углеводородного сырья: Карабулак, Карабулак Юго-Западный, Кызылкия Северо-Западный, Есжан, другие.

- На спутниковых картах в контурах покмарков четко видны участки дорог, трубопроводов, промысловые коммуникации.


Прогноз-предупреждение: в непредсказуемый «час-икс» относительное спокойствие «газо-водяных труб» может смениться весьма активными флюидопроявлениями (газо-водяные выбросы, разрушение чукалаков, образование взрывных кратеров, проявления сейсмической активности). Такова природа кольцевых субвертикальных структур.

- Следовательно, необходимость экскурса в историю изученности, анализ генетических трактовок, оценка результатов предыдущих исследований морфоструктур, именуемых чукалаки, являются оправданными по причине явной неизученности на современном уровне исследовательских возможностей как этих объектов, так и проблемы природного явления.

- Кольцеобразные в плане, зачастую гигантские формы рельефа, интерпретируемые нами как экс-покмарки, осложненные водо-грязевыми сопками (чукалаки), должны быть детально изучены: анализ и интерпретация материалов спутниковых съемок; геолого-геофизическая интерпретация и/или переинтерпретация материалов сейсморазведки; полевые исследования (геологические, гидрогеологические, минералогические, геохимические, другие).

Сказанное выше об изученности флюидопроявлений на акватории Северного и Среднего Каспия является убедительным основанием для создания, финансирования и реализации правительствами стран, осуществляющих хозяйственно-промышленную деятельность в Каспийском море-озере, единой системы мониторинга морского дна и космического мониторинга акватории. При этом должны фиксироваться, изучаться и анализироваться как всевозможные техногенные загрязнения, так и природные флюидопроявления.

В Республике Казахстан на правительственном уровне (министерство экологии, геологии и природных ресурсов) предлагается разработать, профинансировать и реализовать под эгидой Национальной инженерной академии РК специализированную Программу изучения и мониторинга на Туранской плите природных флюидопроявлений в зонах кольцевых субвертикальных структур («газо-водяные трубы») и многочисленных водо-грязевых сопок (чукалаки).

Исследование выполнено авторским коллективом сотрудников Геологического института РАН, Национальной инженерной академии РК и компании «Falcon Oil & Gas Ltd» в рамках выполнения Программы Президиума РАН № 8 (47) «Углеводороды из глубоких горизонтов в «старых» нефтегазодобывающих регионах как новый источник энергоресурсов: теоретические и прикладные аспекты». 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Волож Ю.А., Трохименко М.С., Калимов А.М., Едилбаев М.Т. Каспийский регион: кольцевые субвертикальные структуры, покмарки и экс-покмарки. Часть I // *Нефть и Газ*. – 2019. – № 6 (114). – С. 15–50. [Volozh Yu.A., Trokhimenko M.S., Kalimov A.M., Yedilbayev M.T. The Caspian Basin: annular sub-vertical structures, pockmarks and ex-pockmarks. Part I // *Neft' i Gaz*. – 2019. – № 6 (114). – P. 15–50.]
- 2 Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Новообразованные очаги выбросов нефти из недр Северного и Среднего Каспия по спутниковым и геолого-геофизическим данным // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – Стационарный сетевой адрес: 2227–9490e-apovr_e-ast5–1–2.2014.22. [Golubov B.N., Ivanov A.Yu. Newly formed foci of oil emissions from the bowels of the North and Middle Caspian according to satellite and geological and geophysical data // Electronic scientific publication Almanac Space and Time. – Fixed network address: 2227–9490e-apovr_e-ast5–1–2.2014.22.]
- 3 Флюидодинамические аномалии Каспийского моря // *Neftegaz/RU*. – Журнал. – 9 апреля 2019. <https://magazine.neftegaz.ru/articles/geologorazvedka/443409–flyuidodinamicheskie-anomalii-kaspiyskogo-morya/> [Fluidodynamic anomalies of the Caspian Sea // *Neftegaz / RU*. – Zhurnal. – 9 aprelya 2019. <https://magazine.-neftegaz.ru/articles/geologorazvedka/443409–flyuidodinamicheskie-anomalii-kaspiyskogo-morya/>]
- 4 Путанс В.А., Мерклин Л.Р., Зеленин Е.А. Проявление современных тектонических событий в структуре позднечетвертичных осадков Среднего Каспия // *Успехи современного естествознания*. – 2018. – № 4. – С. 139–144. [Putans V. A., Merklin L. R., Zelenin E. A. The manifestation of modern tectonic events in the structure of the Late Quaternary sediments of the Middle Caspian // *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*. – 2018. – № 4. – S. 139–144]
- 5 Светличный А.Л., Маникулова А.А., Джи М., Бейсембаев Т.Н., Конысов Н.Т., Ибрагимов

- А.А. Компенсация амплитудных вариаций, связанных с локальными скоплениями газа в верхней части разреза и с газовыми трубками // Каспийский регион: геологическое строение и нефтегазоносность. Тр. ОНГК. Вып. 4. (На базе докладов Второй Международной геологической конференции «АтырауГео-2013»). Под ред.: Б.М. Куандыкова, К.М. Таскинбаева, М.С. Трохименко. – Алматы. – 2014. – С. – 326–345. [Svetlichny A. L., Manikulova A. A., G. M., Beisembaev T. N., Konysov N. T., Ibragimov A. A. Compensation of amplitude variations associated with local accumulations of gas in the upper parts of the section and with gas pipes. // Kaspiyskiy region: geologicheskoye stroeniye i neftegazonosnost'. Tr. ONGK. Vyp. 4. (Na baze dokladov Vtoroy mezhdunarodnoy geologicheskoy konferentsii «AtyrauGeo-2013»). Pod red.: B.M. Kuandykova, K.M. Taskinbayeva, M.S. Trokhimenko. – Almaty. – 2014. – S. – 326–345.]
- 6 Амбросимов А.К., Голубов Б.Н. Металлоносность вод и донных отложений Северного Каспия как показатель субмаринной разгрузки флюидов из его недр // Экологические системы и приборы. – 2014. – № 5. – С. 50–63. [Ambrosimov A.K., Golubov B.N. Metal content of water and bottom sediments of the Northern Caspian as an indicator of submarine fluid unloading from subsurface // Ekologicheskiye sistemy i pribory. – 2014. – № 5. – S. 50–63.]
 - 7 Безродных Ю.П., Делия С.В., Лаврушин В.Ю., Юнин Е.А., Пошибаев В.В., Покровский Б.Г. Газовые сипы на акватории Северного Каспия // Литология и полезные ископаемые. – 2013. – № 5. – С. 415–125. [Bezrodnykh Yu.P., Delia S.V., Lavrushin V.Yu., Yunin E.A., Poshibaev V.V., Pokrovsky B.G. Gas Vultures in the Northern Caspian // Litologiya i poleznyye iskorayemye. – 2013. – № 5. – S. 415–125.]
 - 8 Jean Mascle, Flore Mary, Daniel Praeg, Laetitia Brosolo, Laurent Camera, Silvia Ceramicola, Stéphanie Dupré. Distribution and geological control of mud volcanoes and other fluid/free gas seepage features in the Mediterranean Sea and nearby Gulf of Cadiz // Geo-Marine Letters. – June 2014. – Vol. 34. – Issue 2–3. – PP. 89–110.
 - 9 <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Geomorphology-and-Nature-of-Seabed-Seepage-Hovland/f8891cffbdd4db0aaf0b8cf6cd543c4bb0c6143b/figure/1>
 - 10 Огай Е.К., Уразаева С.Б., Петровский В.Б. Новые перспективы и направления нефтегазопроисковых работ с использованием современных технологий дистанционного зондирования Земли // КАРОТАЖНИК. – 2007. – № 8 (161). – Тверь – С. 3–19. [Ogay E.K., Urazaeva S.B., Petrovsky V.B. New perspectives and directions in oil and gas exploration using modern technologies of remote sensing the Earth // KAROTAZHNIK. – 2007. – № 6 (161). – Tver' – S. 82–89.]
 - 11 На структуре Ракусечное-море выявлены аномалии, представляющие опасность для бурения // Источник: Neftegaz.RU. Бурение. [Anomalies that pose a risk for drilling have been identified on the Rakushechnaja-more structure // Istochnik: Neftegaz.RU. Burenie.]
 - 12 Угроза из глубин: мерзлота ошибок не прощает // Интервью член-корр. РАН В.И. Богоявленского 23 января 2018 года. Источник: <http://rareearth.ru/ru/pub/-20180123/03679.html>. [A threat from the depths: permafrost does not forgive mistakes // Interview with a corresponding member of Russian Academy of Sciences V.I. Bogoyavlenskiy 23 January 2018. Source: <http://rareearth.ru/ru/pub/-20180123/03679.html>.]
 - 13 Карелин Г. С. Путешествия Г.С. Карелина по Каспийскому морю. СПб.: Тип. Импер. Акад. наук, 1883. – VI, 497 с.; 6 л. карт. – (Записки импер. рус. геогр. о-ва по общей географии; т. 10) [Karelin G.S. Travel of G.S. Karelin on the Caspian Sea. СПб.: SPb.: Type. Imp. Acad. Sciences, 1883. – VI, 497 p.; 6 map sheets. – (Notes of the Imperial Russian geographic society on general geography; vol. 10).]
 - 14 Грибков В.В., Нурманов А.М., Токарев В.П. и др. Грязевые сопки – новый поисковый признак на нефть и газ в Западном Казахстане // Геология нефти и газа. – 1975. –

- № 11. – С. 21–25. [Gribkov V.V., Nurmanov A.M., Tokarev V.P. and other. Mud hills – a new search feature for oil and gas in Western Kazakhstan // *Geologiya nefti i gaza*. – 1975. – № 11. – S. 21–25.]
- 15 Плещеев И.С., Борисов Н.И., Гусев В.И. Газо-водяные грифоны п-ова Бузачи // *Изв. ВУЗов*. – 1979. – № 3. [Pleshcheev I.S., Borisov N.I., Gusev V.I.. Gas-water gryphons of the Buzachi Peninsula // *Izv. VUZov*. – 1979. – № 3.]
- 16 Вилесов Е.Н., Науменко А.А., Веселова Л.К., Аубекеров Б.Ж. Физическая география Казахстана. Учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті. – 2009. – С. 98. [Vilesov E.N., Naumenko A.A., Veselova L.K., Aubekеров B.Zh. Physical geography of Kazakhstan. Tutorial. – Almaty: Kazakh university. – 2009. – P. 98.]
- 17 Геоморфологический словарь-справочник / Составитель Л.М. Ахромеев. Под ред. Шевченко. – Брянск: Издательство Брянского государственного университета, 2002. – 320 с. [Geomorphological dictionary--reference guide / Sostavitel' L.M. Akhromeyev. Pod red. Shevchenkova. – Bryansk: Izdatel'stvo Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2002. – 320 s.]
- 18 Глазовский Н.Ф. Избранные труды в двух томах. Том 1. Геохимические потоки в биосфере. М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2006. – 535 с. [Glazovsky N.F. Selected works in two volumes. Volume 1. Geochemical flows in the biosphere. M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. – 2006. – 535 s.]
- 19 Волож Ю.А., Трохименко М.С., Калимов А.М., Едилбаев М.Т. Каспийский регион: «газовые трубы»/инверсионные кольцевые структуры//Разведка неглубокозалегающих толщ Казахстана. Тезисы докладов. V международная научная геологическая конференция «АтырауГео-2019». 23–24 мая 2019, Атырау. Тезисы докладов. – Атырау.– КОНГ.– 2019. [Volozh Yu.A., Trohimenko M.S., Kalimov A.M., Yedilbayev M.T. Caspian region: «gas pipes» / inversion ring structures//Razvedka neglubokozalegayushchikh tolshch Kazakhstan. Tezisy dokladov. V mezhdunarodnaya nauchnaya geologicheskaya konferentsiya «AtyrauGeo-2019». 23–24 maya 2019, Atyrau. Tezisy dokladov. – Atyrau.– KONG.– 2019.]
- 20 Волож Ю.А., Трохименко М.С., Калимов А.М., Едилбаев М.Т. Прикаспийская впадина: «газовые трубы» // Разведка неглубокозалегающих толщ Казахстана. V международная научная геологическая конференция «АтырауГео-2019». 23–24 мая 2019, Атырау. Доклад. – Атырау.– 2019. [Volozh Yu.A., Trohimenko M.S., Kalimov A.M., Yedilbayev M.T. The Caspian Basin: «gas pipes» // Razvedka neglubokozalegayushchikh tolshch Kazakhstan. V mezhdunarodnaya nauchnaya geologicheskaya konferentsiya «AtyrauGeo-2019». 23–24 maya 2019, Atyrau. Doklad. – Atyrau. – 2019.]
- 21 Абукова Л.А., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Антипов М.П. Геофлюидодинамическая концепция поисков скоплений углеводородов в земной коре // Геотектоника. – 2019. – № 3. – С. 79–91. [Abukova L.A., Volozh Yu.A., Dmitrievsky A.N., Antipov M.P. Geofluidodynamic concept of prospecting for accumulations of hydrocarbons in the earth's crust // *Geotektonika*. – 2019. – № 3. – S. 79–91.]