

УДК 553.55+551.243.33(262.81)

К ФЛЮИДОДИНАМИКЕ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА© 2004 г. **И. С. Гулиев, Д. А. Гусейнов**

Представлено академиком В.Е. Хаиным 09.10.2003 г.

Поступило 20.10.2003 г.

Неравномерность дегазации Земли – фундаментальная закономерность ее эволюции, отражающаяся в тектонических и седиментационных циклах, колебании уровня Мирового океана, накоплении полезных ископаемых и других факторах. Эти особенности дегазации Земли прослеживаются на глобальном уровне, связаны с ритмами или циклами, увязывающимися с космическими и эндогенными факторами. Продолжительность таких циклов миллионы, сотни и десятки тысяч лет. Существуют, однако, и циклы гораздо меньшей продолжительности, фиксируемые в реальном масштабе времени. Одной из наиболее интересных и важных как в фундаментальном, так и в прикладном аспекте проблем является ритмичность выделения углеводородов. Эта научная проблема имеет важное значение, например, в понимании эволюции атмосферы, океана и климата (парниковый эффект). Важная прикладная задача состоит в выявлении закономерностей миграции углеводородов и других флюидов, закономерностей формирования месторождений углеводородов и их влияния на добычу нефти и газа. Второй аспект – это экологические проблемы, связанные с поступлением углеводородов на поверхность суши и моря.

Ритмичность углеводородной дегазации наиболее наглядно проявляется в периодичности извержений и деятельности грязевых вулканов, сопровождающихся выделением сотен миллионов кубометров метана, а также нефти и подземных вод. Периодичность извержений, прослеженная по достаточно представительному промежутку времени, свидетельствует об устойчивой зависимости грязевого вулканизма от солнечной активности, колебания уровня Каспийского моря и сейсмичности (рис. 1).

Как видно из рис. 1, активизация грязевого вулканизма и сейсмичности в регионе соответствуют фазам понижения уровня Каспийского моря. Вместе с тем измерениями на геодезических полигонах и GPS-замерами последних лет уста-

новлено прохождение субмеридиональных волн поднятий и опусканий поперечных блоковых морфоструктур Каспийского региона, приводящих к попеременным сжатиям и растяжениям впадины Каспия. При этом фазам растяжения впадины соответствует падение уровня моря. Весьма интересно, что ритмичность данных вертикальных движений коррелирует с фазами сейсмической и грязевулканической активности, вариациями добычи нефти и газа и колебаниями уровня моря [2, 5].

Важное значение для добычи углеводородов и экологии имеет ритмичность высокого порядка. Надежные и информативные результаты в изучении периодичности флюидодинамических процессов в последние годы получены применением новейших технологий мониторинга природных объектов, к числу которых принадлежит многозональная (мультиканальная) спутниковая съемка поверхности суши и моря Земли. Технология цифровой обработки результатов многоканального спутникового сканирования легла в основу разработки алгоритмов спектрального анализа, позволяющего с высокой точностью проводить диагностику минералов, пород, а также флюидонасыщенных, водных и растительных объектов по спектрам их отражения и поглощения. С помощью данной технологии для наблюдения грязевых вулканов на суше западного борта Южно-Каспийского бассейна нами установлено, что даже будучи в состоянии покоя грязевулканическая система характеризуется активной флюидной эмиссией, хотя наземные обследования не выявляют каких-либо изменений флюидодинамических параметров вулканов, таких, как появление грязевых потоков, образование сальз, грифонов, газо- и водовыделений и т.д. Флюидонасыщенные элементы грязевулканических структур характеризуются высокой абсорбцией электромагнитных волн, что позволяет надежно маркировать подводящие каналы. На рис. 2 приведен обработанный имидж грязевого вулкана Аяхагтарма со спутника Landsat 7-ETM+, на котором отчетливо диагностируется флюидоподводящий канал в центральной части бездействующего кратерного поля. По этой же причине четко дифференцируются твер-

*Институт геологии
Национальной академии наук Азербайджана, Баку*

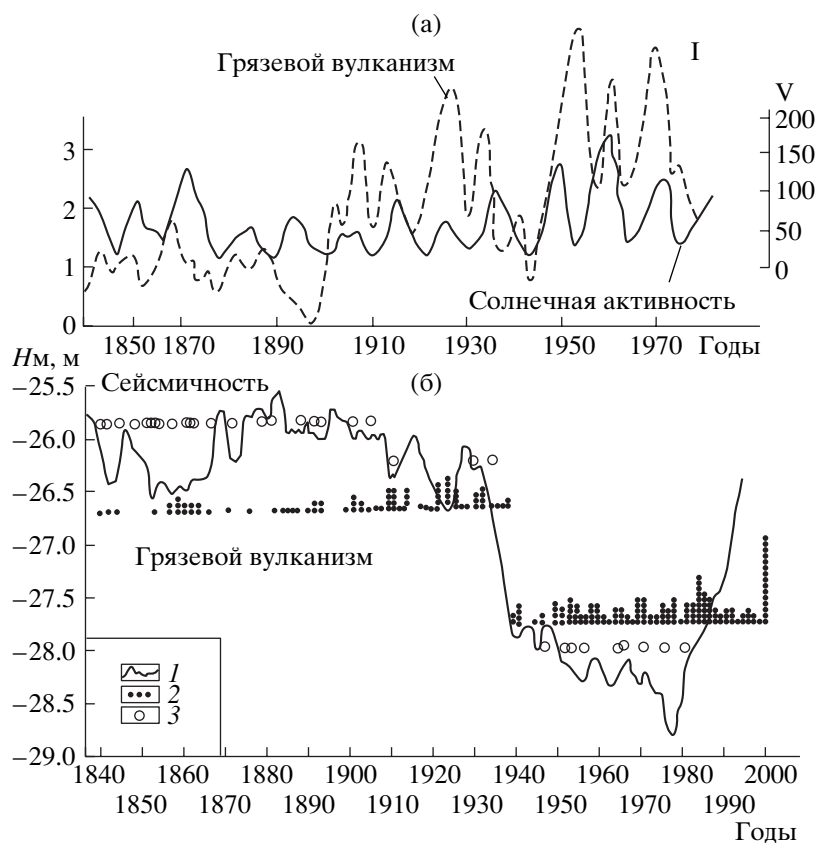


Рис. 1. Взаимосвязь периодических природных процессов в Южно-Каспийском бассейне. а – солнечная активность и грязевой вулканизм (V – число Вульфа) [7], б – колебания уровня Каспия (1), сейсмичности (2) и грязевого вулканизма (3) (с использованием [2, 5] и дополнениями авторов).

дые продукты разновременного извержения. Продукты более раннего излияния характеризуются более высокой спектральной яркостью и отчетливо фиксируются на имиджах по светлому цвету.

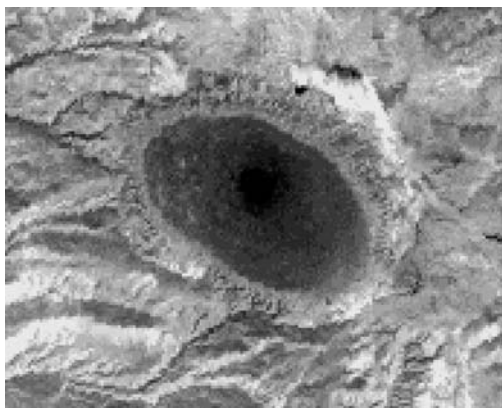


Рис. 2. Landsat 7ETM+-имидж грязевого вулкана Аязхатарма. В центральной части кратерного поля четко фиксируется флюидонасыщенный канал. По периферии кратерного поля расположены продукты ранних извержений. В черно-белый фон трансформирован имидж, визуализированный из 6, 3 и 1 каналов.

Спектральным имидж-анализом данных со спутника TERRA-ASTER поверхности Каспийского моря установлена активная флюидодинамика подводных вулканов и разломных зон (рис. 3а–3в). На рисунках отчетливо видны периоды поступления огромных масс углеводородов, фиксируемые по пленкам углеводородов и изменению прозрачности воды. Этот резкий катаклизм связывается с сейсмической, грязевулканической и солнечной активизацией конца 2000–начала 2001 г. В это время в регионе Южного Каспия было отмечено рекордное число извержений грязевых вулканов, равное 15. Произошла серия сильных землетрясений с магнитудой до 6.8. Спад сейсмической и флюидной активности были однонаправленными, что проявилось в самоочищении водной толщи Каспийского моря и привело к исчезновению пленки углеводородов уже через несколько месяцев (рис. 3г–3е).

Поступление углеводородных и водных флюидов в толщу Каспийского моря грязевыми вулканами в спокойную стадию их деятельности всегда рассматривалось как важнейший фактор биопродуктивности бассейна. Подводная разгрузка вод из грязевых вулканов и вынос ими различных

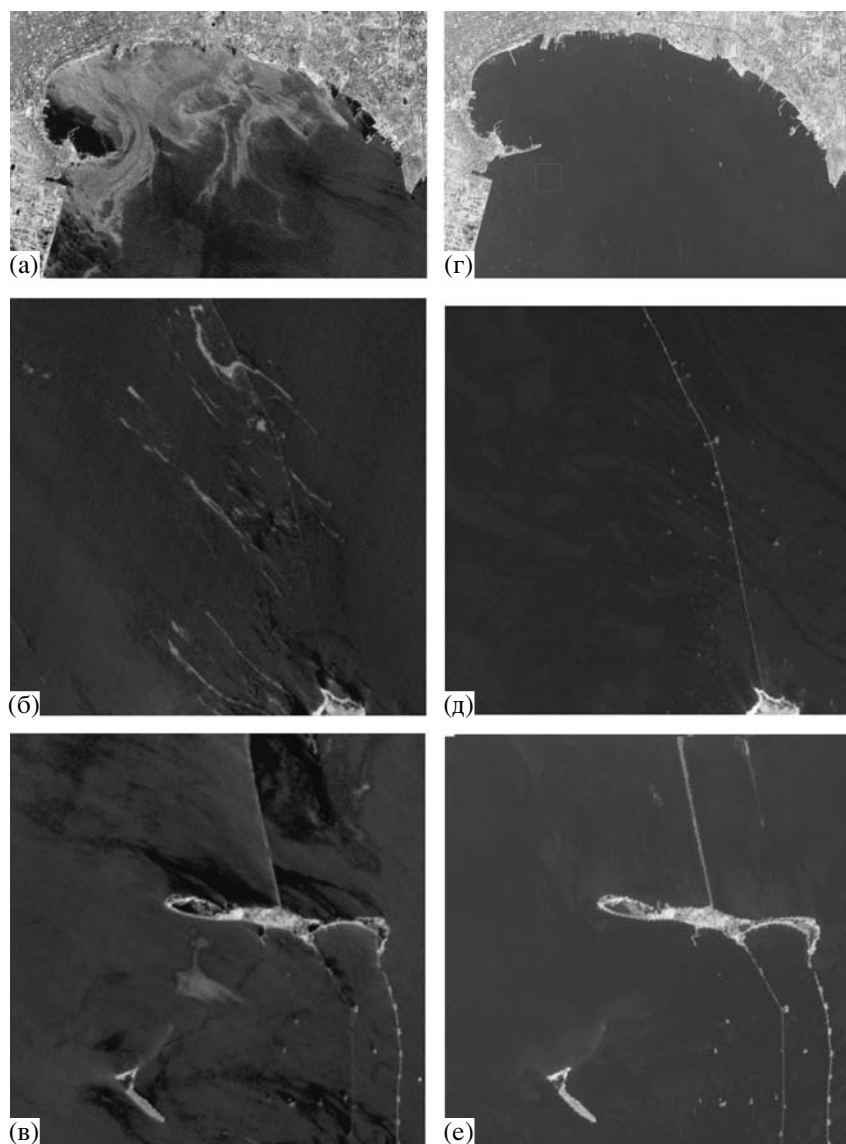


Рис. 3. ASTER-имидж трех различных частей Каспийского моря (а, б, в), нефтяные пятна на поверхности моря. Снимок от 23.07.2000 г. за 4 месяца до землетрясения 25.11.2000 г. а – залив Бакинской бухты; нефтяной шлейф образован в результате флюидной эмиссии из погребенного вулкана Биби-Эйбат, б – северо-западная часть о. Пираллахи (северо-восточнее Апшеронского полуострова), в – между островами Гум и Вульф (юго-восточнее Баку), г, д, е – те же части моря, отснятые 20.08.2001 г. через 8 месяцев после ноябрьского землетрясения 2000 г. Поверхность моря абсолютно чистая от нефти; в черно-белый фон трансформирован имидж, визуализированный из 3, 2 и 1 каналов.

компонентов является решающей в солевом балансе морской и иловой воды. Геохимический аспект подводной разгрузки флюидов подробно рассмотрен в [13]. В местах разгрузки отмечаются высокие тепловые потоки, насыщение донных осадков и иловых растворов жидкими и газообразными углеводородами, углекислотой, азотом, кремнекислотой, сульфатами, резко возрастает степень битумизации ОВ, достигающей 12–13% при общем сингенетическом фоне 3%, т.е. создается питательная среда и благоприятная обстановка для жизнедеятельности микроорганизмов, донной фауны и флоры. Степень воздействия

грязевулканической деятельности на состояние донных организмов показывают исследования, проведенные в разное время года в районе группы подводных вулканов (Шах-Гум) и частей моря, где вулканы практически отсутствуют (Ленкорань–Астара). Биомасса и плотность бентоса в районе развития грязевого вулканизма значительно выше ($221.6\text{--}259.7\text{ г/м}^2$), чем там, где его нет ($115.5\text{--}82.17\text{ г/м}^2$) [9, 13]. Однако периоды подводных пароксизмов являются катастрофически для обитателей моря. На резкий выброс углеводородов в сейсмо-флюидоактивный период 2000–2001 гг., повлекший их массовую гибель в

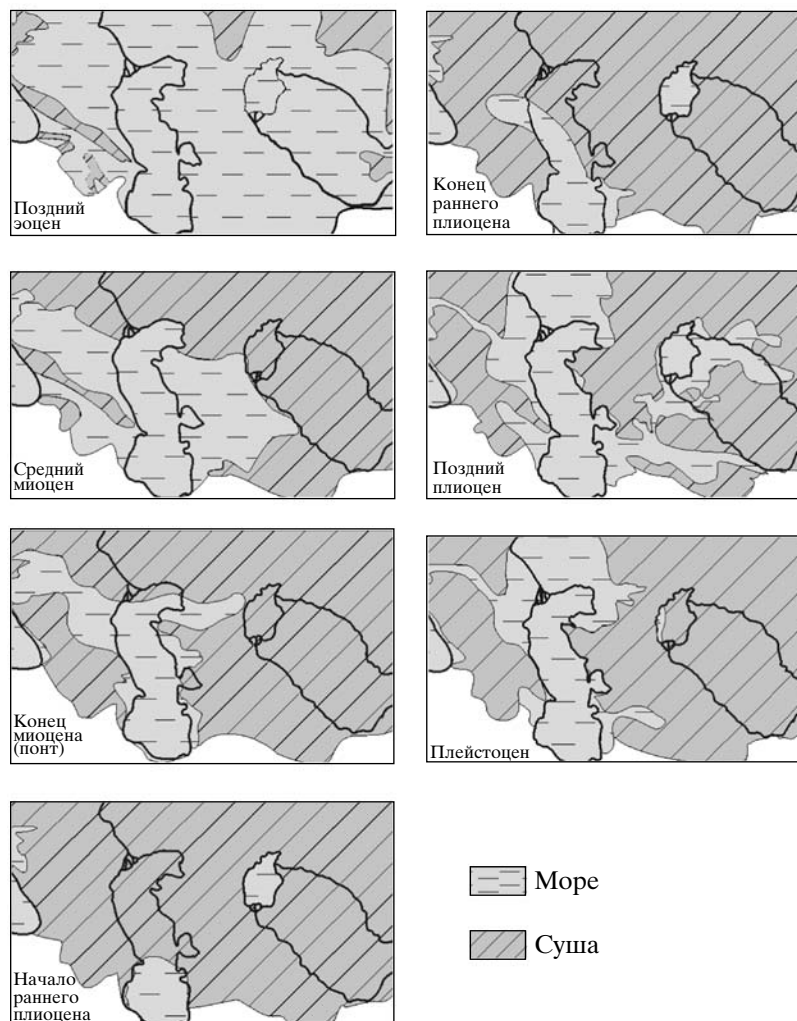


Рис. 4. Палеогеография Восточного Паратетиса в кайнозое (по [1, 8] с дополнением авторов).

Среднем и Южном Каспии, указывают авторы работы [14].

Изучение современной флюидодинамики грязевых вулканов Каспийского моря позволяет понять уникальность явлений геологического прошлого, одним из которых является феномен полного отсутствия морской макрофауны и скудость микрофауны в раннеплиоценовом бассейне. По данным бурения, сейсмоакустики и интерпретации глубинной сеймики грязевулканическая активность в Южно-Каспийском бассейне начинает проявляться с раннего миоцена. Однако наиболее интенсивной она стала на рубеже миоцена и плиоцена (рис. 4) и ассоциировала с катастрофическим падением уровня моря в раннем плиоцене на более чем 600 м (до 1500 м) [15] из-за изоляции палео-Каспия от Восточного Паратетиса [1, 8] в результате усилившейся коллизии Аравийской и Евразийской плит, приведшей к воздыманию обрамляющих впадину орогенов. Грандиозность грязевулканических и флюидодинамических со-

бытий на данном этапе развития Каспийского региона подтверждается палеогеологическими построениями, геохимическими исследованиями и данными бассейнового моделирования. Согласно этим исследованиям, к концу миоцена и на протяжении всего раннего плиоцена в область активной флюидогенерации (нефтегазового окна) были вовлечены юрские и меловые отложения, характеризующиеся гораздо более высокой газогенерационной способностью, чем палеоген-миоценовые – породы-источники современных вулканов [12]. Лавинные скорости накопления осадков в раннеплиоценовом бассейне, достигающие 3–3.5 км/млн. лет, а на отдельных этапах превышающие 4 км/млн. лет, ярко свидетельствуют об исключительно высокой скорости прогибания, которое бесспорно должно было происходить в условиях активной глубинноразломной тектоники бассейна. Последнее обстоятельство является определяющим фактором не только для проявления грязевулканической флюидодинамики и перераспределения ма-

териала в осадочном чехле Южно-Каспийского бассейна, но также служило каналом подтока глубинных флюидов. Свидетельством этого являются выделенные нами на основании интерпретации сейсмического материала с временной разверткой 12 с, 16 с и 20 с крупные погребенные и секущие весь осадочный чехол столбчатые тела диаметром от 3–4 до 10 км и высотой от 8–10 до 20 км. Эти тела не имеют видимых “корней” и секут весь осадочный чехол до кристаллического фундамента. Они обычно приурочены к контактными зонам глубинных разломов, пересекающих Южно-Каспийскую впадину на крупные блоки [3, 6]. Подток глубинных флюидов в раннеплиоценовый бассейн бесспорно должен был сопровождать начавшийся 5.5 млн. лет назад (на рубеже понта и плиоцена) процесс субдукции океанической коры Южного Каспия под континентальную плиту Среднего [10].

Сокращение размеров и объема палео-Каспия в начале раннего плиоцена в десятки раз до размеров современного Южного Каспия (рис. 4) при возрастающих масштабах грязевулканической и глубинной флюидодинамики, особенно в акваториальной части бассейна, стало причиной переиссыхания воды и интоксикации опресненного водоема метаном, что должно было привести к массовой гибели обитателей моря. Этим явлением, по нашему мнению, объясняется полное отсутствие макрофауны в 6–7-километровой толще раннего плиоцена, накопившейся за 2–2.5 млн. лет.

В позднем плиоцене (акчагыле) грязевой вулканизм происходит в условиях огромного полуморского бассейна, который периодически восстанавливает связь с Эвксинским и Средиземноморским бассейнами (рис. 4). Разноориентированные морские течения способствуют быстрому перемешиванию газонасыщенных вод и снижению фоновых концентраций УВ-газов, как это происходит в Каспии в настоящее время. В результате вновь возникают условия для расцвета органического мира, что имеет место по сегодняшний день.

Ритмичность углеводородной дегазации высокопорядка, установленная для Южно-Каспийского бассейна, возможно, следствие его значительной неравновесности [4]. Бассейны, сформировавшиеся в альпийский цикл тектогенеза, характеризуются лавинными скоростями осадконакопления, контрастным режимом и высокими скоростями вер-

тикальных и горизонтальных движений [5, 11, 12]. Флюидодинамика бассейна связана со значительной механической и фазовой нестабильностью, проявляющейся в пульсационном характере дегазации.

Космический мониторинг поверхности суши и моря, особенно грязевых вулканов, позволяет выявить особенности углеводородной дегазации Южно-Каспийского бассейна в реальном масштабе времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР. М.: Наука, 1968.
2. Горин В.А., Буниат-заде З.А. Глубинные разломы, газонефтяной вулканизм и залежи нефти и газа западного борта Южно-Каспийской впадины. Баку: Азгосиздат, 1971. 190 с.
3. Гулиев И.С., Мамедов П.З. // Изв. НАН Азербайджана. Сер. Науки о Земле. 2003. № 3. С. 139–146.
4. Иванов В.В., Гулиев И.С. Массообмен, углеводородообразование и фазовые переходы в осадочных бассейнах. Баку: Нафта-Пресс, 2002. 106 с.
5. Лиленберг Д.А. В кн.: Новейшая тектоника и ее влияние на формирование и размещение залежей нефти и газа. Баку: Нафта-Пресс, 1999. С. 112–124.
6. Мамедов П.З. Дис. д-ра геол.-минерал. наук. Баку: Ин-т геологии АН Азербайджана, 1992.
7. Мехтиева Ш.Ф., Халилова Э.Н. Как развивается Земля (Гипотезы и факты). Баку: Знание, 1984. 72 с.
8. Невеская Л.А. В кн.: Материалы XXVII геол. конгресса. М.: Наука, 1984. С. 91–101.
9. Ткачев Г.В. В кн.: Комплексные исследования Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1974. В. 4. С. 191–196.
10. Allen M.B., Jones S., Ismail-Zadeh A. et al. // *Geology*. 2002. V. 30. № 9. P. 775–778.
11. Guliyev I.S., Feyzullayev A.A., Kadirov F.A., Mukhtarov A.Sh. *Abstr. of Inter. Conf. Petroleum Geology of the Caspian Basin*. L., 2002.
12. Guliyev I.S., Mamedov P.Z., Feyzullayev A.A. et al. *Hydrocarbon Systems of the South Caspian Basin*. Baku: Nafta-Press, 2003. 206 p.
13. Huseynov D.A. In: *Gas in Marine Sediments*. Baku: Nafta-Press, 2002. P. 74–77.
14. Katunin D., Golubev B., Kashin D. In: *Gas in Marine Sediments*. Baku: Nafta-Press, 2002. P. 93–95.
15. Reynolds A.D., Simmons M.D., Bowman M.B. et al. // *AAPG Bull.* 1998. V. 82. № 1. P. 25–49.