

Природные скважины нефти и газа

А. А. Якубов



Ахад Алекпер оглы Якубов, академик АН Азербайджанской ССР, профессор, доктор геолого-минералогических наук. Руководитель сектора грязевого вулканизма Института геологии АН Азербайджанской ССР. Ученик И. М. Губкина. Занимается проблемами грязевого вулканизма и его связи с нефтегазоносностью. Лауреат Государственных премий СССР.

С каждым годом растущей промышленности требуется все больше нефти и газа. В поисках ценного топлива геологи стараются проникнуть все глубже в недра Земли с помощью бурения скважин. Но информация о глубоких нефтегазоносных горизонтах поступает на Землю и без бурильных установок — через жерла грязевых вулканов.

Твердые, жидкие и газообразные продукты извержения грязевых вулканов — признанные критерии нефтегазоносности недр.

Грязевые вулканы имеются почти на всех континентах, но на обоих полушариях нашей планеты не найти территории, которая могла бы сравниться с Восточным Азербайджаном и прилегающей к нему акватории Каспийского моря по количеству вулканов, их морфологическим признакам, разнообразию видов, по частоте и мощности вулканических извержений. Здесь сосредоточено 220 грязевых вулканов, почти половина всех подобных образований мира.

Они в основном приурочены к месторождениям нефти и газа.

Не случайно территория Азербайджана стала как бы природной лабораторией грязевого вулканизма в нашей стране. Наблюдения за «поведением» грязевых вулканов ведутся здесь уже почти

Грязевые вулканы и нефтегазоносные области Азербайджанской ССР (отмечены римскими цифрами).

На врезках — группа грязевых вулканов, расположенных на западе Азербайджана, и нефтегазоносные области Азербайджана: I — Прикаспийско-Кубинская, II — Апшеронская, III — Шемахинско-Кюбистанская, IV — Дрикуринская, V — Бакинский архипелаг, VI — Междуречье Куры и Иоры.

☀ вулканы действующие

✱ вулканы погребенные

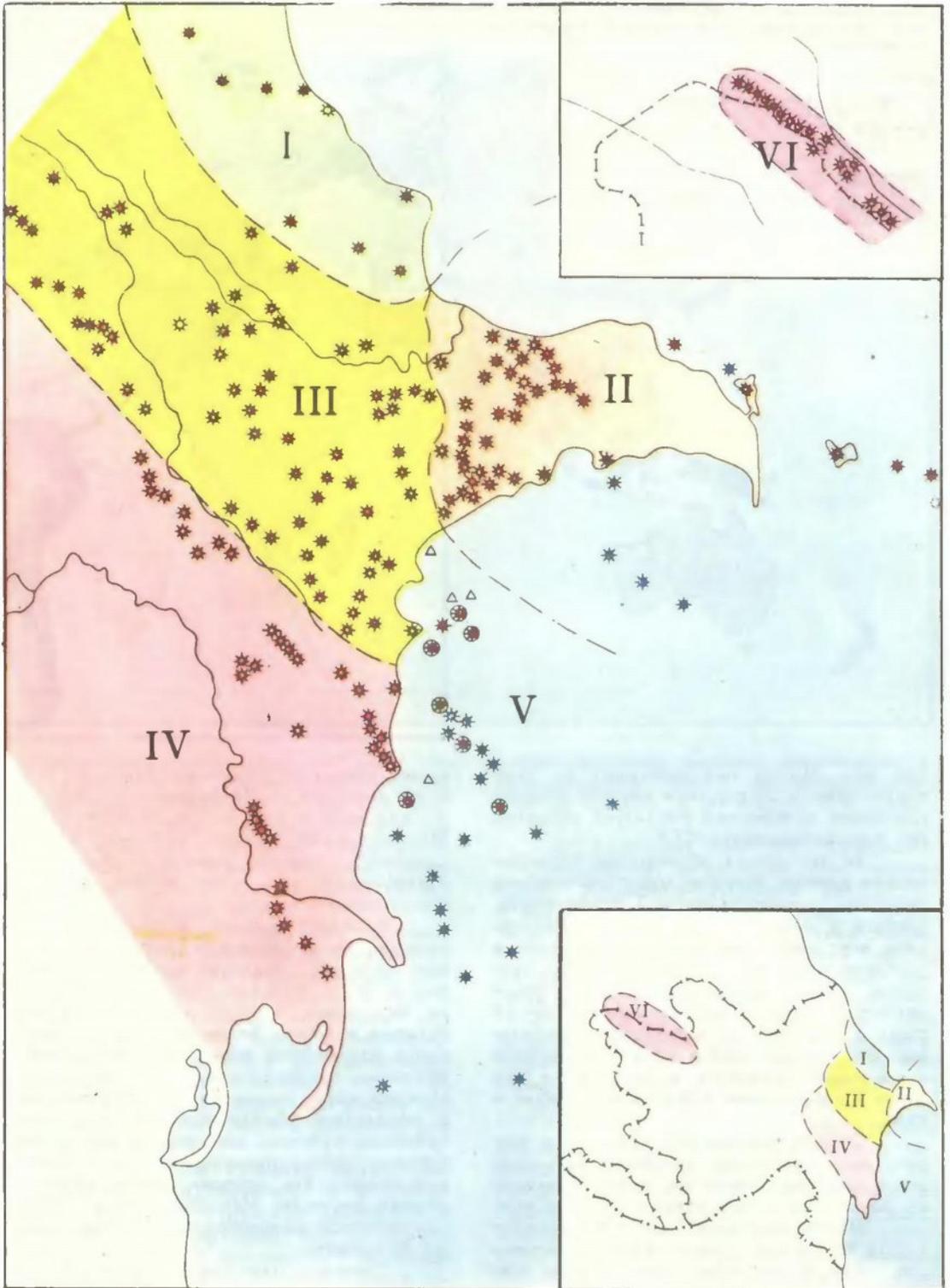
☀ вулканы, находящиеся в покое свыше 100 лет

● вулканы, образующие острова

✱ вулканы подводные

△ предполагаемые подводные вулканы

— — границы грязевулканических областей



Распространение грязевых вулканов. В основном они приурочены к районам Альпийской складчатости.



150 лет. Много лет работают на этой территории и сотрудники нашего сектора грязевого вулканизма Института геологии АН Азербайджанской ССР.

За это время обработаны статистические данные, описаны морфологические признаки, геологические особенности, частота и мощность извержений. Результаты этих работ нашли свое отражение в составленном нами «Атласе грязевых вулканов Азербайджанской ССР», который является первым исследованием такого рода в мировой геологической литературе. Все эти материалы позволяют судить о генезисе грязевого вулканизма и его связи с процессами образования нефти и газа.

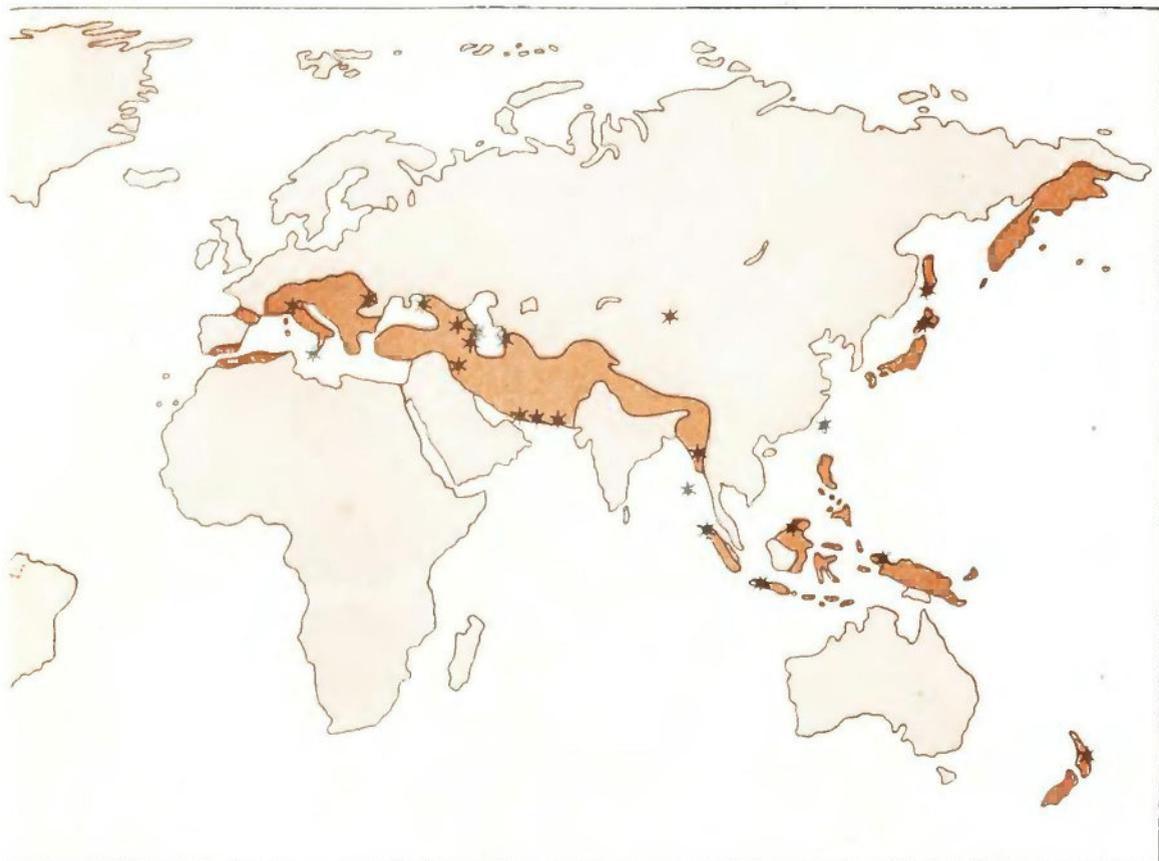
Однако прежде чем говорить о теоретических вопросах грязевого вулканизма и нефтяной геологии, следует немного рассказать о самих грязевых вулканах.

Морфологически они представляют собой более или менее крупные возвышенности земной поверхности в виде усеченных конусов, вершины которых могут

иметь форму от плоско-выпуклой до глубоко запавшей — кальдероидной. Вершины вулканов поднимаются до 300—400 м. Относительная высота вулкана, форма склонов и кратера зависят от характера извергаемых масс и от степени активности грязевого вулкана.

В Азербайджане встречаются наземные, погребенные и морские грязевые вулканы. Морские грязевые вулканы, в свою очередь, мы подразделяем на островные и подводные. Почти все острова и банки Апшеронского и Бакинского архипелагов своим происхождением обязаны грязевулканическим явлениям. Однако море размывает их неодинаково, в результате образуются или островные грязевые вулканы, или подводные банки. Объем грязевулканического материала, слагающего эти острова, очень велик и иногда достигает 600—800 млн м³. Формы островов разнообразны — от овальной до полосчатой.

Скорость размыва островов и банок зависит от консистенции выбрасываемого



грязевулканического материала и от частоты извержения. Образующиеся островки в большинстве случаев быстро размываются. Вместе с тем имеются и такие банки и острова, которые сохраняются продолжительное время. Например, банка Погорелая плита в течение почти 40 лет представляла собой остров.

В результате извержений грязевых вулканов подчас значительно изменяется береговая линия уже существовавших островов. Так, во время извержения в 1923 г. вулкана Лось заметно поднялись над уровнем моря глыбы пород апшеронского яруса, находившиеся до извержения под водой. При извержении в 1931 г. на о-ве Свином был поднят на высоту до 10 м участок прилегающего морского дна площадью 6—8 га.

Деятельность вулканов поочередно оживляется то в северных, то в южных частях Апшероно-Куринской депрессии, к которой они приурочены. Так, за период с 1810 по 1839 гг. произошло 7 извержений, причем в первую половину этого пе-

риода грязевые вулканы действовали у юго-западного борта Апшероно-Куринской депрессии, а во вторую — у северного.

С 1839 по 1868 гг. произошло 20 извержений, охвативших всю территорию Апшероно-Куринской депрессии. В последующий период до 1906 г. произошло 24 извержения, и опять-таки сперва в южной, а затем в северной частях депрессии. С 1906 г. начался новый период активного проявления грязевулканической деятельности, охватившей всю область Апшероно-Куринской депрессии с тенденцией постепенного перехода из северной половины депрессии в южную.

Максимальное число извержений отдельных вулканов в Азербайджане зафиксировано на Апшеронском п-ове — на вулкане Локбатан (16 извержений), в Центральном Гобустане — на вулкане Шихзагирли (11 извержений), в Южном Гобустане — на вулкане Бахар (8 извержений), в Бакинском архипелаге — на



Группа действующих грифонов вулкана Дашгиль.

о-ве Булла и банке Кумани (по 7 извержений).

В настоящее время в Азербайджане отмечается активизация грязевого вулканизма, о чем свидетельствуют последние извержения вулканов Локбатана, Аязхтарма и Боздаг-Кобийского, Там Мардана и Сарынга.

Интересна взаимосвязь интенсивности грязевулканической деятельности с колебаниями уровня Каспийского моря.

В периоды снижения уровня моря грязевой вулканизм усиливается, и наоборот, во время подъема морского уровня затихает или прекращается. Колебания уровня Каспия обычно связывают с вертикальными поднятиями или опусканиями дна моря. Следовательно, вулканы интенсивно проявляют себя в этапы контрастных тектонических движений дна Каспийского моря, сопровождающихся углублением Южно-Каспийского прогиба.

Таким образом, подтверждается тесная связь грязевого вулканизма с новейшими движениями земной коры. В то же время и грязевой вулканизм, и колебания уровня Каспийского моря в современный геологический период свидетельствуют о протекающих до сих пор вол-



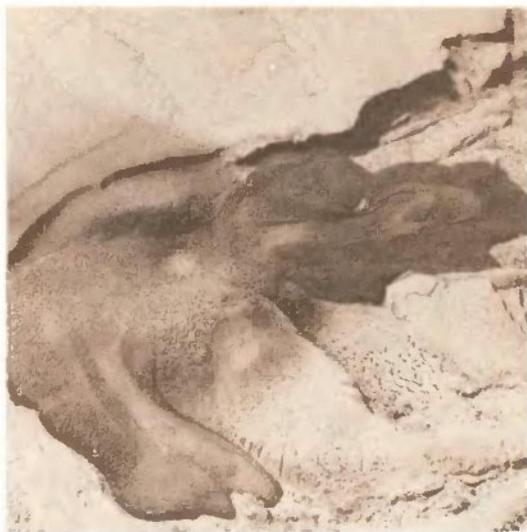
Грязевой вулкан Чайкурбанлы. Сольза, выделяющая газ, воду и густую грязь с еле заметными пленками нефти.

новых и колебательных движениях земной коры.

В районе развития грязевулканических очагов юго-восточного Кавказа на площади 16 тыс. км² сейсмическая активность значительно слабее (до 3—4 баллов), чем за пределами этого района (до 5—7 баллов). По-видимому, частые извержения грязевых вулканов ослабляют энергетический потенциал, который способствует проявлению землетрясений.

При извержении грязевого вулкана на поверхность выносятся твердые, жидкие и газообразные продукты. Их комплексное исследование дает ценную информацию о геологическом строении грязевулканических областей, о наличии залежей нефти и газа.

Грязевые вулканы выносят на поверхность огромную массу горных пород в виде грязевулканической брекчии той или иной консистенции. За все геологическое время в Азербайджане вулканами выброшено около 100—110 млрд м³ грязевулканической брекчии, образовавшей обширные покровы. Петрографические и стратиграфические исследования компонентов грязевулканической брекчии позволяют изучить возраст и веществен-



Грязевой вулкан Локбатан после извержения 1 октября 1972 г. В центре светлым пятном выделяется кратерная часть вулкана.

ный состав пород — выбросов грязевых вулканов, а затем — определить стратиграфическую глубину залегания «корня» грязевого вулкана.

Анализы показывают, что продукты извержения происходят из осадочных пород преимущественно кайнозойского комплекса, лишь незначительная их часть связана с мезозойскими (юрскими и меловыми) отложениями.

Характерная особенность брекчий грязевых вулканов — отсутствие следов механической обработки кластического материала и полная его неотсортированность.

Энергичное и продолжительное действие газа при избытке жидкой фазы в недрах грязевых вулканов приводит иногда к полной дезинтеграции крупных обломков брекчий и к образованию высокодисперсной пылеватой массы — так называемых сопочных пелитов или илов.

В твердых продуктах извержения грязевого вулкана установлено более 70 минералогических видов, которые по генетическим признакам могут быть разбиты на три группы.

К первой группе относятся минералы, представляющие собой продукты механического разрушения осадочных пород. Это — полевые шпаты, кварц, слюды, минералы глин и др.

Вторая группа объединяет минералы, которые генетически связаны с процессами, протекающими в твердой фазе продуктов извержений. Эта группа может быть подразделена на две подгруппы. Наиболее распространены в минералах первой подгруппы сульфаты и карбонатные образования. Во второй подгруппе особый интерес представляет бор-улексит.

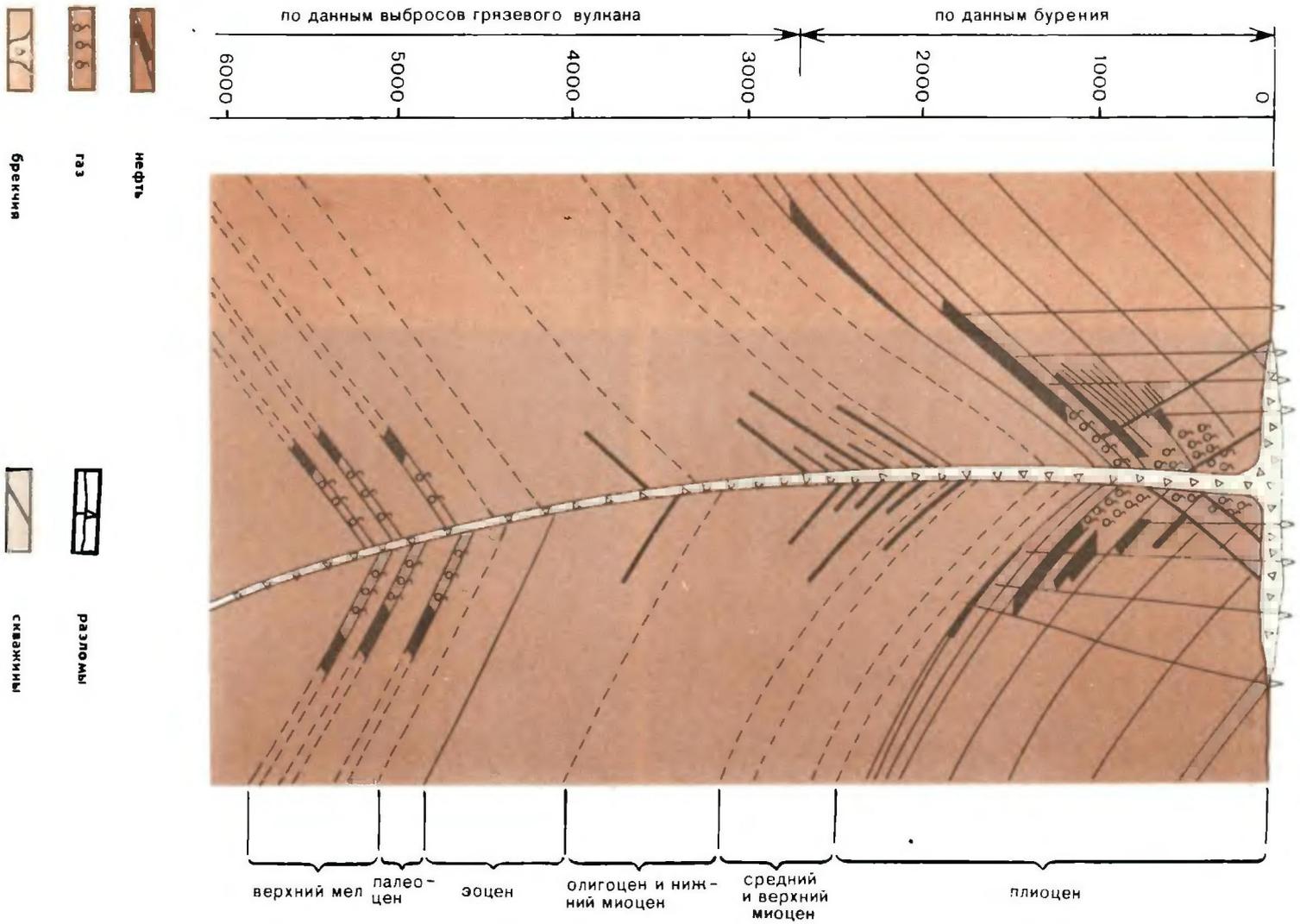
Несколько особняком стоит группа минералов — производных термального метаморфизма брекчий, подвергшейся действию высоких температур горевших газов (1000—1200°C). Минералы этой группы образуются и в процессе искусственного обжига пород; это — клинкерные образования (силикаты кальция), окись кальция, известково-натровые полевые шпаты и стекло.

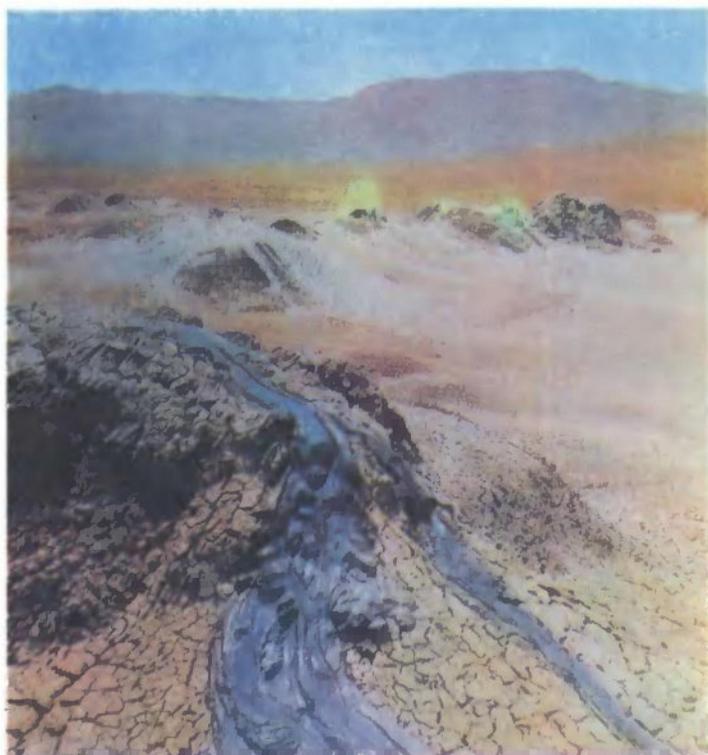
Петрографический анализ кластического материала и цементирующей массы брекчий показывает, что продукты твердой фазы состоят из элементов осадочных пород подстилающего комплекса.

За последние годы в сопочной брекчий грязевых вулканов Азербайджана выявлено около 50 элементов Периодической системы. Доминирующую роль играют элементы группы железа и цветных металлов. Отмечается повышенная бороносность, а также большая концентрация щелочных металлов, например рубидия и цезия. Получены новые данные и по радиоактивности твердых выбросов грязевых вулканов. Выявлена прямая связь количества радиоэлементов с органическим веществом карбонатных пород палеоген-миоценовых и меловых пород.

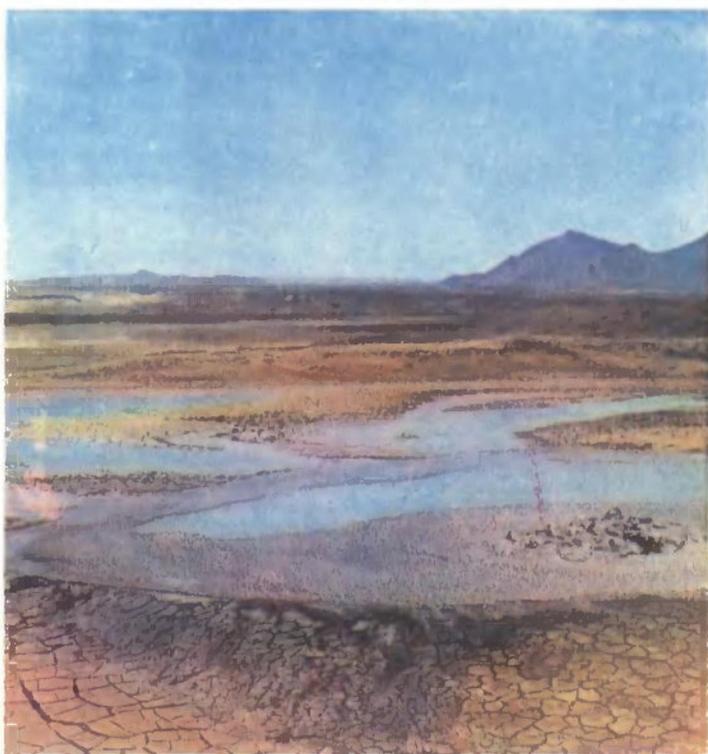
В целом геохимические исследования органического вещества твердых продуктов извержений позволяют выявить природу битуминозных веществ, их возрастное отношение к вмещающей породе. Это один из важных критериев нефтегазоносности недр Азербайджана, который можно использовать для прогноза и в других областях распространения грязевых вулканов в нашей стране.

Геологический профиль через грязевой вулкан Локбатан. Жерло вулкана прорывает комплекс отложений от верхнего плиоцена до верхнего мела, т. е. до глубины 6 км. Вулкан расположен в сводовой части антиклинальной складки и приурочен к местам тектонических нарушений.





Грязевой вулкан Чайкурбанчы.



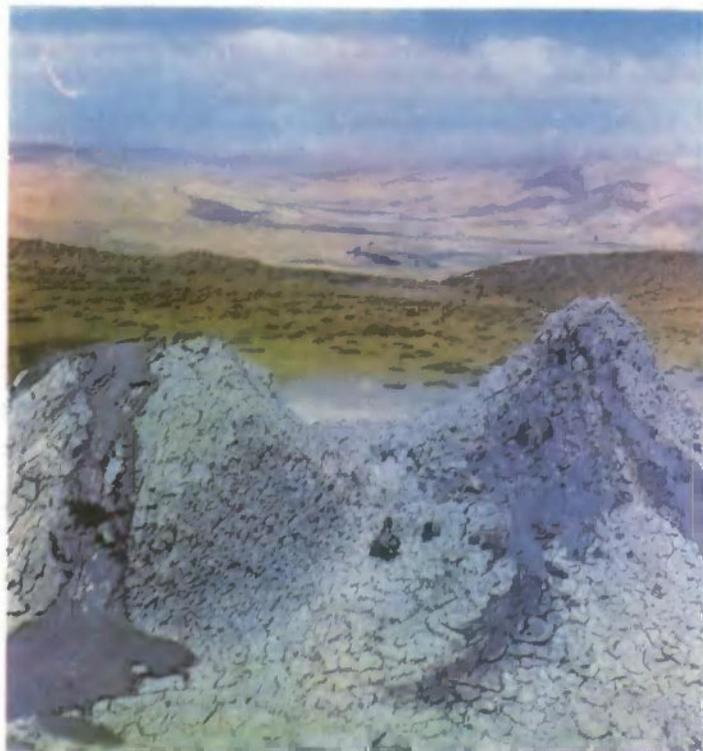
Грязевой вулкан Пильпиля-Карадагская.

Один из действующих грифонов
вулкана Дашгиль в момент раз-
рыва.



Грифоны вулкана Киркишлак.

1



Кроме твердой фазы, грязевые вулканы выделяют подземную воду, в которой присутствует также нефть в виде пленок. Воды обычно слабоминерализованные, гидрокарбонатнонатриевые — щелочные, а более высокоминерализованные — хлоркальциевые. Именно такие воды типичны для нефтегазовых месторождений. В них содержатся йод, бром, бор, количество которых в водах вулканов изменяется в широких пределах, достигая соответственно 120, 500 и 600 мг/л. Воды грязевого вулкана свидетельствуют о его питании в основном за счет пластовых погребенных вод, вследствие пересечения водоносных пластов каналами вулканов.

Связь грязевых вулканов с месторождениями нефти и газа прослеживается и по основным характеристикам газов. Они состоят, главным образом, из метана (до 99%) с примесью углекислоты и азота. Их содержание изменяется в зависимости от термодинамических условий недр и тектонических особенностей областей развития вулканизма.

По содержанию в газах тяжелых углеводородов удается определить их принадлежность к газам чисто газовых залежей или нефтяных месторождений. В составе газов ряда вулканов Азербайджана, в частности Бакинского архипелага, присутствует водород (до 0,015%), свидетельствующий об их глубинности.

Содержание инертных газов — гелия и аргона — незначительно и выражается тысячными и сотыми долями процента.

Итак, продукты извержения грязевых вулканов — важный критерий нефтеносности и газоносности территории. Они свидетельствуют и о генезисе грязевого вулканизма.

О генезисе грязевых вулканов и механизме грязевулканических явлений высказано много предположений. В свое время происхождение грязевых вулканов связывали с магматическими очагами. И. М. Губкин впервые установил связь этих вулканов с газонефтяными месторождениями.

По его мнению, диапировая структура (антиклинальная, обычно куполовидная складка), нефтяное месторождение и грязевой вулканизм — это триединая сущность единого целостного процесса геологического развития области погружения и опускания Кавказского хребта.

В дальнейшем учение И. М. Губкина о грязевом вулканизме развивалось в трудах его учеников — С. Ф. Федоро-

в, П. П. Авдусина, А. А. Али-Заде, автора этих строк, а также в работах М. М. Зейналова, Ф. Г. Дадашева, Ад. А. Алиева, Р. Р. Рахманова и др. Последователи И. М. Губкина связывали механизм образования грязевулканических явлений с тектоническим развитием газонефтяных областей. Эту мысль можно проиллюстрировать на примере Азербайджана.

Антиклинальные складки нефтегазоносных областей Азербайджана относятся к типу прерывистой складчатости, где формирование отдельных куполовидных структур происходило на общем фоне опускания депрессионных зон. Анализ фации и мощности осадков в пределах прерывистых складок и межкупольных пространств позволяет утверждать, что процесс складкообразования происходил одновременно с накоплением осадков.

Складки интенсивно стали подниматься в плиоцене и антропогене, хотя их зародыши были заложены еще в конце олигоцена и начале миоцена. Большинство из пробуренных складок нефтегазоносных областей Азербайджана имеет диапировый или криптодиапировый характер, т. е. в них отмечается резкая дисгармония между слоями, залегающими в ядре складки, и подстилающими и покрывающими толщами.

Прерывистые складки нефтегазоносных областей Азербайджана разделены пологими и широкими мульдами (тектоническими прогибами в форме синклиналей), амплитуда прогибания которых имеет различные величины. В зависимости от геолого-тектонической обстановки развития этих мульд и прерывистых складок создавались условия, при которых пластичные глинистые толщи из-под мульд выжимались к ядрам антиклинальных складок.

Поскольку антиклинальные складки начали формироваться еще с конца олигоценового времени, их ядровые части подвергались тектоническим подвижкам. Благодаря этому ядра оказывались теми слабыми участками, куда выжимались пластичные глинистые слои. Кроме того, по образовавшимся в присводовой части разрывам проникали вода и газ, как наиболее подвижные флюиды. Пропитавшись ими, глинистые отложения с меньшим удельным весом и увеличивающимся давлением прорывались на поверхность там, где в результате роста складок образовались разрывы. Следовательно, ме-

сто прорыва пластичной брекчиевидной массы в виде грязевулканических излияний на поверхности и под водой предопределялось наличием разрывных нарушений. Без них немислимо образование грязевых вулканов.

Таким образом, первопричина образования грязевых вулканов — колебательные и складкообразовательные тектонические движения, проявления которых в ряде депрессионных зон нефтегазоносных областей имеет своеобразный и специфический характер. Все остальные факторы: присутствие в разрезе пластичных глинистых толщ, воды, газа и разрывов, — имеют сопутствующее значение. Без тектонических движений, приводящих к образованию прерывистых диапировых и криптодиапировых складок, возникновение грязевых вулканов немислимо.

По наличию пластовых грязевулканических брекчий в верхнемайкопских отложениях (нижний миоцен) на некоторых площадях Гобустана установлено, что в этот период уже имели место извержения грязевых вулканов. Такие же брекчи встречены и в разрезе миоцен-плиоценовых и антропогенных отложений Гобустана, Апшерона, Прикуринской низменности и Апшеронского и Бакинского архипелагов.

Присутствие пластовой брекчи в нормальных породах кайнозоя (от олигоцена до верхнего плиоцена включительно) указывает, что грязевулканическая деятельность началась с олигоценового времени, проявилась в среднем в верхнем миоцене и продолжается в настоящее время.

Грязевые вулканы располагаются в области развития мезокайнозойских отложений и прежде всего связаны с более молодыми альпийскими (кайнозойскими) складчатыми областями. К ним же в основном приурочены нефтегазоносные провинции и области.

Наиболее активная грязевулканическая деятельность приурочена к областям распространения более молодых неоген-четвертичных отложений. Здесь для грязевых вулканов характерны хорошо оформленные эруптивные аппараты и значительные накопления грязевулканической брекчи. В то же время в областях развития более древних отложений грязевулканические проявления представлены малыми образованиями — сопками, сальзами и грифонами.

В областях более древней доальпийской складчатости грязевулканические

проявления не встречаются. Поэтому можно считать, что «корни» грязевых вулканов находятся на относительно небольших глубинах — до 10—11 км. Естественно, что нет никакой генетической связи грязевулканических проявлений с магматическими очагами.

Таким образом, грязевые вулканы — прямые признаки существования мощных залежей нефти и газа в недрах и благоприятных структур для скопления этих залежей.

Однако многие вопросы грязевого вулканизма разрешены неполностью. Поэтому исключительное значение приобретает полный комплекс геохимических исследований всех продуктов извержения с использованием самой совершенной аппаратуры. Детальные геолого-геохимические исследования продуктов твердой, жидкой и газовой фаз извержений вулканов необходимы для выяснения теоретических и практических вопросов проблемы грязевого вулканизма.

Не меньший научный интерес представляют исследования, направленные на выявление связи грязевых вулканов с процессами образования нефти и газа и формированием их залежей, роли вулканов в перемещении флюидов. В связи с этим понятна необходимость постановки работ по моделированию процессов образования и механизма действия грязевых вулканов, изучение геохимических процессов, происходящих в недрах.

При поисках и разведке залежей нефти и газа в структурах, осложненных грязевыми вулканами, очень важно правильно вести весь комплекс геологических исследований.

Дальнейшее комплексное изучение грязевых вулканов как в Азербайджане, так и в других областях Советского Союза позволит определить направление геолого-разведочных работ на выявление залежей нефти и газа в мезокайнозойских отложениях и тем самым окажет реальную помощь нефтяной промышленности.

УДК 551.311.8