

УДК 551.49.41.82.477.9

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В. А. Куришко, И. А. Месяц, А. С. Тердовидов

Керченский полуостров в тектоническом отношении является составной частью южного борта Индольского прогиба. Осадочный чехол полуострова значительно осложнен третичной складчатостью и диапиризмом. Структурный план его определяется системой субширотных антиклинальных складок диапирового строения с ундулирующими осями. С ядрами большинства складок связаны современные (Хырсыз-Шибан, Джау-Тепе, Борух-Оба, Бурашские, Тарханские, Булганакские) и ископаемые (Ак-Тубе, Кончек и др.) грязевые вулканы. Формирование ядер многих антиклинальных структур Керченского полуострова сопровождалось диапировым прорывом пластичных глинистых масс и образованием грязевых сопок.

Гидрогеологические условия Керченского полуострова изучены еще недостаточно. Особенно это относится к нижней палеоген-мезозойской части разреза. Древнейшие отложения, пройденные скважинами в этом районе — чередование аргиллитов и песчаников альбского возраста на глубинах до 2020 м — содержат гидрокарбонатно-натриевую воду (по классификации Сулина) с минерализацией 10 г/л (Мошкаревская площадь).

Воды верхнемеловых отложений по генетическому типу тоже гидрокарбонатно-натриевые, их минерализация составляет 8—10 г/л. Для солевого комплекса характерны значительные содержания йода — до 60 мг/л, бора — 100 мг/л при относительно низких концентрациях брома. Состав растворенных газов, изученный по скважине № 111 Мошкаревской площади — углеводородный с содержанием около 94% метана и до 6% объема этан-бутана.

Оводненные алевролиты и прослои глинистых песчаников имеют распространение в водоупорных глинистых отложениях майкопской серии в диапазоне глубин 200—400 м. Как правило, притоки вод из них незначительные — 0,25—0,35 м³/сутки. По химическому составу майкопские воды характеризуются гидрокарбонатно-натриевым типом, минерализацией 8—16 г/л, а также значительным содержанием йода (до 40 мг/л).

Воды тортонских отложений изучены в восточной части полуострова (глубина распространения 1300—1000 м). Водообильность их незначительная. Дебиты скважин при самоизливах достигают 0,025—0,35 м³/сутки. Для растворенного комплекса солей характерна пестрота состава. Минерализация вод определяется от 1 до 10 г/л и даже 20 г/л [6].

Солоноватые воды сульфатно-натриевого, гидрокарбонатно-натриевого и хлормagneиевого типов с минерализацией 3—10 г/л, реже 13—25 г/л, содержатся в сарматских отложениях. Пестрота типов и минерализаций характерна также для вод понта и мзотиса.

Развитие грязевого вулканизма происходит в определенных гидрогеологических условиях и в значительной степени определяется ими. С другой стороны, сам процесс грязевого вулканизма влияет на гидро-

геологические условия недр. В целом процесс грязевого вулканизма, развивающийся на фоне глинистого диапира, является сложным физико-химическим взаимодействием трех основных компонентов: воды, газа и сопочной брекчии. Ниже мы остановимся на двух компонентах грязево-вулканической триады: сопочных водах и газах.

Химическая характеристика сопочных вод

Современным грязевым сопкам (вулканам) Керченского полуострова свойственна невысокая водообильность. Как правило, поступившие в теплый сезон из недр свежие порции воды расходуются на испарение

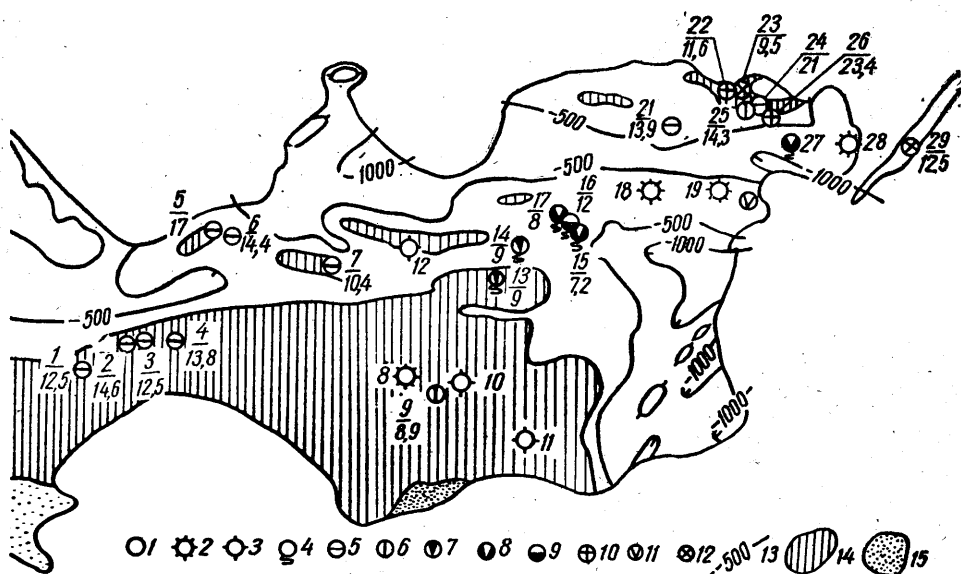


Рис. 1. Схема гидрогеологических условий проявления грязевого вулканизма на территории Керченского полуострова.

1 — грязевые сопки с постоянно действующими грифонами; 2 — то же без водопроявлений; 3 — ископаемые грязевые вулканы; 4 — газонапорные источники сопочного типа. Характер газо-водопроявлений грязевых сопки и родников: 5 — хлоридные натриевые метановые; 6 — хлоридные гидрокарбонатные метановые; 7 — то же, углекисло-метановые; 8 — то же, углекислые; 9 — хлоридные магниевые; 10 — гидрокарбонатно-хлоридные натриевые углекисло-метановые; 11 — то же, метановые; 12 — сульфатно-хлоридные натриевые углекисло-метановые; 13 — стратозогипсы кровли майкопских отложений; 14 — выходы майкопских отложений на дневную поверхность; 15 — то же для домайкопских отложений. Цифровые обозначения в грязевых сопках и источниках: в числителе — номер, в знаменателе — минерализация воды, г/л. Названия сопки и источников: 1 — Владиславовская; 2, 3 — Хырсыз-Шибан; 4 — Арма-Эли; 5 — Грязевой грифон в пределах Каменской антиклиналя; 6 — Насыр; 7 — Каджалар; 8 — Джау-Тепе; 9 — Борух-Оба; 10 — Ак-Тубе; 11 — Кончек; 12 — Кармыш-Келечи; 13 — Каялы-Сарт; 14 — Грифон Альбова; 15 — Султановский № 1; 16 — Султановский № 2; 17 — Сент-Эли; 18 — Джанкой; 19 — Джаржава; 20 — Солдатская; 21 — Бураш. Тарханская сопочная группа: 22 — Травентиновый грифон; 23 — Шилова. Булганакская сопочная группа: 24 — Андрусова; 25 — Обручева; 26 — Вернадского; 27 — Античный каптаж углекислого источника. Еникальская сопочная группа: 28 — Подмаячная; 29 — Чушка.

с водосборной чаши грифона. В отдельных случаях грязевые грифоны с низким гипсометрическим положением извергают жидкую грязь, которая разливается тонким ровным слоем и образует при высыхании широкий, покрытый трещинами такыр. При поступлении новых порций воды и ее испарении на поверхности такыра образуется рыхлая скорлуповидная белая корка толщиной до 5 см. Химический состав такой корки приведен в табл. 1. Иногда в застойных условиях малоактивного грифона минерализация сопочных вод намного увеличивается (до 110 г/л) в результате испарения, однако соотношение отдельных солевых ком-

понентов вод и их генетический тип остаются без изменений. При низкой концентрации сопочных вод происходит садка борного минерала улексита (Булганакское сопочное поле).

Воды грязевых сопкок Керченского полуострова являются минерализованными с преобладанием в солевом комплексе хлоридов натрия (88—30% солей). Сопочные воды (по Александрову) относятся к хлоридно- и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевым. Минерализация вод различная — от 8,6 до 23 г/л. По характеру йонно-солевого состава вод и составу сопутствующих газов на рассматриваемой территории выделяются два гидрохимических района: восточный и западный.

Таблица 1
Результаты спектрального полуколичественного анализа солевых корок усыхания сопочных вод Булганакской сопочной группы

| Сопки | Содержание в весовых % по отношению к сухому веществу | | | | | | |
|-------------|---|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Алюминий | Силиций | Железо | Кальций | Магний | Марганец | Титан |
| Андрусовая | 1—00— 3,00 | »5,00 | 1,00— 5,00 | 0,10— 0,50 | 0,50— 1,00 | 0,01— 0,05 | 0,05— 0,10 |
| Центральная | 1,00— 3,00 | »5,00 | 1,00— 5,00 | 1,00— 3,00 | 0,10— 0,50 | 0,01— 0,05 | 0,05— 0,10 |

| Сопки | Содержание в весовых % по отношению к сухому веществу | | | | | |
|-------------|---|-----------------|--------|---------|---------|--------|
| | Ванадий | Циркон | Никель | Кобальт | Серебро | Галлий |
| Андрусовая | 0,001 | 0,001 | — | — | следы | — |
| Центральная | 0,001— 0,005 | 0,001— 0,005 | следы | следы | 0,0001 | следы |

Спектральная лаборатория ИМР, аналитик Н. Павлова.

Воды грязевых сопкок западной части Керченского полуострова (от Арабатско-Феодосийского перешейка до меридиана 36-го градуса, проходящего через середину Казантипского залива) имеют преимущественно хлоридно-натриевый состав с минерализацией 240—586 мг экв/л; сопутствующие газы, как правило, метановые (табл. 2). В анионной системе этих вод преобладают галогены. Их содержание (в мг экв/л) для хлора составляет величины порядка 57—437, для брома от —0,91 до 0,09 и для йода — от 0,55 до 0,13. Эти воды характеризуются незначительным содержанием сульфатов (коэффициент $r \frac{SO_4 \cdot 100}{Cl}$ равен 0,06—0,76).

В отдельных случаях сульфаты отсутствуют (Хырсыз-Шибан западная, грязевой грифон Каменской антиклинали). Водам свойственно небольшое содержание гидрокарбонатов (от 37 до 7 мг экв/л); карбонатов (от 107,3 до 0 мг экв/л) и увеличенные концентрации бора (до 15, 3 мг атом/л). В катионном составе этих вод преобладают ионы натрия (251,1—118,5 мг экв/л). Содержание натрия находится в прямой зависимости от минерализации сопочных вод. Калий в сопочных водах западной части Керченского полуострова присутствует в незначительных количествах (0,5—0,16 мг экв/л). Литий и стронций определяются в фоновых концентрациях, соответственно 0,14 и 0,036—0,046 мг экв/л. Содержание аммония колеблется от 2 до 0,8 мг экв/л, кальция — 4,5—0,36 мг экв/л и магния 6,4—1,4 мг экв/л. Только в водах грязевого

Химический состав сопочных вод и газов Керченского полуострова

| Грязевые сопки | Дата отбора пробы | | t°C | Ионный состав, мг/л %эке/л | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------|----------|-------------------------------|-------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|-------|-----------------|--------|--------|
| | Удельный вес | рН | | Cl' | Br' | Г' | SO ₄ '' | HCO ₃ ' | CO ₃ '' | Na' | K' | NH ₄ | Ca'' | Mg'' |
| Владиславовская | 4.XI-62 | 16,8 | 5774,87 | 49,5 | 40,0 | 4,9 | 2037,4 | нет | 4285,75 | 20,0 | 37,5 | 91,2 | 43,8 | 1,0 |
| | 1,009 | 7,7 | 82,6 | 0,3 | 0,2 | — | 16,9 | нет | 94,6 | 0,2 | 1,0 | 2,3 | 1,8 | — |
| Хырсыз-Шибан западная | 30.VIII-62 | 21,6 | 6108,55 | 50,5 | 37,1 | 19,8 | нет | 3220,8 | 5094,58 | 17,5 | 15,0 | 28,3 | 31,6 | 2,0 |
| | 1,0120 | 8,0 | 75,9 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | нет | 23,5 | 97,7 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 1,1 | — |
| Хырсыз-Шибан восточная | 30.VIII-62 | 19,2 | 5454,69 | 52,1 | 39,3 | нет | 2257,0 | 180,0 | 4398,19 | 17,6 | 25,0 | 32,1 | 35,0 | 1,8 |
| | 1,009 | 7,8 | 77,6 | 0,3 | 0,1 | нет | 18,6 | 3,4 | 96,9 | 0,2 | 0,7 | 0,8 | 1,4 | — |
| Грязевой грифон Каменской антиклинали | 1.IX-62 | 20,5 | 10069,44 | 72,6 | 66,7 | нет | 427,0 | нет | 5774,15 | не | 150,0 | 177,2 | 282,4 | не |
| | 1,0124 | 7,3 | 97,1 | 0,3 | 0,2 | нет | 2,4 | нет | 86,1 | опред. | 2,9 | 3,0 | 8,0 | опред. |
| Насырская | 1.IX-62 | 19,8 | 6731,20 | 40,9 | 70,5 | 13,2 | 2098,4 | 156,0 | 5072,48 | 14,0 | 37,5 | 42,3 | 77,8 | 1,6 |
| | — | 8,2 | 82,3 | 0,2 | 14,8 | 2,3 | 14,8 | 2,3 | 95,4 | 0,1 | 0,9 | 0,9 | 2,7 | — |
| Восточная Каладжарская | 5.IX-62 | 21,2 | 5042,68 | 28,3 | 30,5 | 16,5 | 1506,7 | нет | 3740,86 | 11,0 | 15,0 | 29,1 | 28,0 | 2,0 |
| | 1,0083 | 8,2 | 84,7 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 14,8 | нет | 97,2 | 0,1 | 0,5 | 0,8 | 1,4 | — |
| Борух-Оба | 6.IX-62 | 21,4 | 1310,48 | 7,6 | 17,5 | 13,2 | 4026,0 | 516,0 | 2725,12 | 5,5 | 1,0 | 7,2 | 17,0 | 2,0 |
| | 1,0069 | 8,3 | 30,4 | — | 0,1 | 0,2 | 55,0 | 14,3 | 98,4 | 0,1 | — | 0,3 | 0,1 | — |
| Тарханская группа, травертиновый грифон | 23.VIII-62 | 19,2 | 3400,60 | 16,3 | 36,7 | нет | 2958,5 | 720,0 | 4280,25 | 100,0 | нет | 84,6 | 55,9 | 2,0 |
| | 1,0105 | 6,6 | 62,8 | 0,2 | 0,2 | нет | 24,6 | 12,2 | 93,8 | 1,2 | нет | 3,4 | 3,4 | — |
| Там же; сопка Шилова | 22.VIII-62 | 20,1 | 2702,15 | 11,0 | 6,3 | 2839,4 | 244,0 | 360,0 | 3021,45 | 34,0 | нет | 72,5 | 187,5 | 2,0 |
| | 1,0079 | 9,4 | 50,6 | — | — | 39,0 | 2,6 | 7,8 | 87,4 | — | нет | 2,4 | 10,2 | — |
| Булганацкая группа, сопка Обручева | 21.VIII-62 | 23,9 | 3341,12 | нет | 30,7 | 187,6 | 6100,0 | нет | 4453,83 | 61,0 | нет | 52,5 | 122,0 | 2,0 |
| | 1,01115 | 8,2 | 47,6 | — | — | 1,8 | 50,6 | нет | 92,8 | 0,8 | нет | 1,2 | 5,0 | — |
| Там же, сопка Андрусова | 20.VIII-62 | 25,0 | 7801,16 | 37,0 | 92,5 | 1939,0 | 4026,0 | нет | 7191,81 | 20,0 | нет | 20,0 | 155,7 | 2,6 |
| | 1,01945 | 8,5 | 67,4 | — | 0,2 | 12,2 | 20,0 | нет | 95,8 | 0,2 | нет | 0,2 | 3,8 | — |
| Там же, сопка Вернадского | 19.VIII-62 | 23,8 | 5896,83 | 107,73 | 42,09 | 49,78 | 7246,8 | 1656,0 | 6511,53 | 100,0 | 1,0 | 91,12 | 632,25 | 2,0 |
| | 1,015 | 8,0 | 48,6 | 0,4 | — | 0,2 | 34,8 | 16,0 | 82,6 | 0,8 | — | 1,2 | 15,2 | — |
| Солдатская | 15.IX-62 | 21,0 | 3894,90 | 32,9 | 37,3 | нет | 2720,6 | 240,0 | 3712,67 | 10,5 | 15,0 | 7,2 | 29,2 | 1,0 |
| | 1,0081 | 8,4 | 67,3 | 0,2 | 0,2 | нет | 27,4 | 4,9 | 97,7 | 0,1 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | — |
| Бурашская | 22.IX-62 | 20,3 | 6679,37 | 23,6 | 33,3 | нет | 1830,0 | 180,0 | 4959,85 | 25,5 | 37,5 | 21,8 | 63,2 | 2,0 |
| | 1,0105 | 8,1 | 83,7 | 0,1 | 0,1 | нет | 13,4 | 2,7 | 90,6 | 0,3 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | — |

| Грязевые сопки | Прочие компоненты, мг/л | | | Минерализация, г/л | Растворенные газовые компоненты, мг/л | | Состав спонтанных газов, в % объема | | | | | Тяжелые углеводороды |
|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------|-------|----------------------|
| | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | H. К., мг.экв/л | | CO ₂ | H ₂ S | CH ₄ | CO ₂ | N ₂ + редкие | He | Ar | |
| | | | | мг.экв/л | | | | | | | | |
| Владиславовская | 36,0 | 12,0 | 0,90 | 12,47 395,52 | 115,8 | 7,82 | 99,13 | 0 | 0,87 | 0,002 | 0,19 | — |
| Хырсыз-Шибанзападная | 13,2 | нет | 1,25 | 14,62 444,63 | нет | 9,12 | 96,07 | 1,42 | 2,07 | | | 0,44 |
| Хырсыз-Шибанвосточная | | нет | 0,90 | 12,49 396,5 | не опред. | | 96,81 | 0,51 | 2,08 | 0,0035 | 0,077 | 0,60 |
| Грязевой грифон Каменской антиклинали | | | 1,25 | 17,02 586,09 | » | » | 96,66 | 0,70 | 2,64 | | | |
| Насырская | | | 1,25 | 14,36 462,91 | » | » | 91,48 | 5,13 | 0,34 | 0,004 | 0,16 | 3,05 |
| Восточная Каладжарская | 12,8 | 7,2 | 1,43 | 10,45 326,83 | нет | 7,48 | 97,04 | 1,52 | 0,17 | | | 1,27 |
| Борух-Оба | | | 3,24 | 3,84 240,30 | нет | 7,48 | 94,36 | 0,77 | 2,14 | 0,018 | 0,007 | 2,72 |
| Тарханская группа, травертиновый грифон | | нет | 5,37 | 11,64 399,54 | 245,4 | 3,1 | 67,80 | 32,0 | нет | | | 0,16 |
| Там же, сопка Шилова | | нет | 2,69 | 9,48 305,73 | нет | 1,14 | 89,66 | 10,19 | нет | 0,013 | 0,25 | 0,15 |
| Булганакская группа, сопка Обручева | 16,6 | нет | 6,27 | 14,35 423,05 | нет | 3,7 | 94,15 | 1,71 | 3,78 | | | 0,32 |
| Там же, сопка Андрусова | 13,2 | нет | 11,64 | 21,29 666,58 | нет | 2,7 | 96,01 | 0,83 | 2,63 | | | 0,43 |
| Там же, сопка Вернадского | 8,0 | 1,98 | 10,0 | 23,36 696,08 | нет | 7,8 | 82,74 | 16,25 | 0,78 | | | 0,23 |
| Солдатская | 18,0 | 0,54 | 0,54 | 10,70 326,84 | не опред. | | 98,68 | 1,05 | 0,67 | | | 1,60 |
| Бурашская | 18,0 | 8,8 | 3,75 | 13,89 487,38 | » | » | 95,47 | 0,83 | 0,84 | 0,05 | 0,041 | 1,86 |

53 Анализы выполнены в лабораториях института Минеральных ресурсов, треста «Крымнефтегазразведка» и УкрНИИГаза.

грифона Каменской антиклинали наблюдается увеличение концентрации аммония (8,3), кальция (8,8) и магния (23,2 мг·экв/л).

Воды грязевых сопков восточной части Керченского полуострова (от меридиана 36-го градуса до Керченского пролива) отличаются от описанных выше вод пестротой своего химического состава. Это гидрокарбонатно-хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные, реже — сульфатно-хлоридные и хлоридные натриевые воды разной минерализации (306—696 мг·экв/л) с сопутствующими углекисло-метановыми и метановыми газами. В зависимости от группы воды и концентрации солей содержание хлора в них колеблется от 220 до 76,2 мг·экв/л, карбонатов — от 173,8 до 10 мг·экв/л и сульфатов от 0 до 59,1 мг·экв/л. Коэффициент $\frac{SO_4 \cdot 100}{Cl}$ повышенный и равен 0,6—18,3. Высокий коэффициент сульфатности — 77,6 отмечен в водах сопки Шилова Тарханского сопочного поля.

Содержание брома в водах восточной части полуострова меньше, чем в водах западного района. Концентрации брома характеризуются величинами до 0,4 мг·экв/л, если не брать во внимание высоких концентраций (1,35 мг·экв/л) в водах сопки Вернадского Булганакской сопочной группы. В то же время концентрация йода в сопочных водах этого района иногда достигает значительных величин — до 0,72 мг·экв/л. Довольно значительны также содержания бора (до 83 мг·атом/л). В зависимости от минерализации вод содержания натрия изменяется от 308,9 до 131,4 мг·экв/л. С гидрокарбонатными натриевыми водами связаны повышенные концентрации калия (до 2,5 мг·экв/л) и лития (0,6 мг·экв/л). Наличием кальция в количествах от 4,5 до 0,36 мг·экв/л и магния — от 52 до 2,4 мг·экв/л исчерпывается характеристика катионов сопочных вод этого района, так как стронций фиксируется фоновым содержанием (0,046 мг·экв/л), аммоний же отсутствует или содержится в незначительных количествах (до 2 мг·экв/л).

В общем, в сопочных водах Керченского полуострова отмечается наличие фосфора в количествах 0,0029—0,0043 мг·атом/л; железо присутствует повсеместно, концентрация его не достигает предела 0,15 мг·атом/л. Содержание кремния в водах колеблется от 0,0765 до 0,598 мг·атом/л. Максимальная концентрация нафтеновых кислот установлена в водах отдельных сопков Тарханской и Булганакской групп — до 25 мг·экв/л. В целом же содержание нафтеновых кислот не превышает 0,9—11,6 мг·экв/л. Кроме того, в сопочных водах присутствуют ртуть, серебро, мышьяк и другие элементы. Так, фоновое содержание урана в сопочных водах составляет $1,3 \cdot 10^{-6}$ — $9,7 \cdot 10^{-7}$ г/л, а радона — 2 эмана. Наличие целого комплекса специфических элементов позволяет выделить среди однообразных хлоридных и гидрокарбонатных по составу вод большую гамму бромных, йодных и борных разновидностей.

Характеристика газового состава сопочных вод

По химическому составу газы грязевых сопков западной части Керченского полуострова метановые; содержание метана в газах колеблется от 97 до 93% объема. Этан, бутан и пропан содержатся в незначительных количествах — до 3,4% объема, двуокись углерода и азот составляют, соответственно, 0,3 и 0,1—2,6% объема газа. По химическому составу и соотношению его компонентов эти газы мало чем отличаются от состава газов майкопских отложений, Джанкойского и Стрелкового газовых месторождений (северо-восточный Крым).

Для грязевых сопков восточной части Керченского полуострова также характерно преобладание метана в спонтанных газах и несколько большая доза двуокиси углерода. Характерно, что близко расположенные газовые грифоны в пределах той или иной сопочной группы проду-

цируют близкие по составу газы. Для иллюстрации этого приведем химический состав сопочных газов Борух-Обинской группы грифонов и Насырской грязевой сопки (табл. 3, 4 рис. 2, 3).

Увеличение содержания двуокиси углерода в составе газов некоторых сопок восточной части Керченского полуострова связано с наложением на процессы грязевого вулканизма такого глубинного процесса, как проявление углекислых терм, выражающегося на поверхности мифетными выделениями спонтанного CO_2 и образованием травертинов вокруг некоторых грифонов. Современное содержание двуокиси углерода в газах некоторых сопок составляет до 34,4% (травертиновый грифон

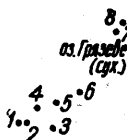


Рис. 2. Схема расположения действующих газовых грифонов в пределах Борух-Обинской сопочной группы.

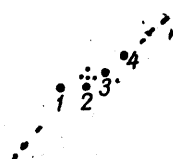


Рис. 3. Схема расположения действующих газовых грифонов в пределах Насырской сопки.

Тарханской сопочной группы). Наличие углекисло-метановых газов отмечается в выделениях Булганакской, Тарханской и Еникальской сопочных групп. С глубинной разгрузкой подземных вод сопочного типа связаны родники Сеит-Эли, Каялы-Сарт и Султановские, продуцирующие углекисло-метановые и метаново-углекислые газы. Двуокись углерода в сопочных газах является глубинным компонентом и связана с зонами тектонических нарушений в пределах нижнего структурного этажа Керченского полуострова. Существует определенная взаимосвязь между наличием спонтанного CO_2 и повышенным содержанием бора, лития и других элементов.

Таблица 3

Химический состав спонтанных газов по отдельным грифонам озера Грязевого Борух-Обинской сопочной группы (дата отбора 6.IX 1962 г.)

| Компоненты в % объема | 4-й грифон | 6-й грифон | 7-й грифон | Средний состав |
|---------------------------|------------|------------|------------|----------------|
| CH_4 | 92,56 | 96,59 | 96,10 | 95,09 |
| C_2H_6 | 0,66 | 0,81 | 0,77 | 0,75 |
| C_3H_8 | 0,08 | 0,21 | 0,20 | 0,14 |
| C_4H_{10} | 0,05 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |
| C_5H_{12} | нет | нет | нет | нет |
| N_2 +редкие | 1,13 | 0,86 | 0,49 | 0,83 |
| CO_2 | 5,52 | 1,45 | 2,37 | 3,12 |

Таблица 4

Химический состав спонтанных газов по отдельным грифонам Насырской грязевой сопки (дата отбора 1.IX 1962 г.)

| Компоненты в % объема | 1-й грифон | 2-й грифон | 4-й грифон | Средний состав |
|---------------------------|------------|------------|------------|----------------|
| CH_4 | 93,50 | 91,48 | 89,63 | 91,53 |
| C_2H_6 | 1,76 | 1,69 | 2,08 | 1,85 |
| C_3H_8 | 1,04 | 0,80 | 1,49 | 1,11 |
| C_4H_{10} | 0,50 | 0,38 | 0,72 | 0,53 |
| C_5H_{12} | 0,24 | 0,18 | 0,18 | 0,20 |
| N_2 +редкие | 0,22 | 0,34 | 4,87 | 1,81 |
| CO_2 | 2,74 | 5,13 | 1,03 | 2,97 |

Сопочная деятельность в пределах Керченского полуострова не является застывшим и остановившимся процессом. Этому явлению свойственны не только количественные изменения в периоды бурных сопочных проявлений. Динамика процесса охватывает и изменения химического состава газов во времени. При сравнении химических анализов сопочных газов полуострова, отобранных в двадцатые и тридцатые го-

ды [4], и анализов газов, отобранных нами в 1962 г., отмечается повсеместное уменьшение доли CO_2 в газах. Проиллюстрируем это данными по некоторым сопочным группам, продуцирующим двуокись углерода (табл. 5).

Таблица 5

Изменения химического состава спонтанных газов отдельных грязевых сопок Керченского полуострова

| Компоненты в % объема | Сопка Шилова Тархавской сопочной группы | | | Сопка Центральная Булганакской сопочной группы | | | Сопка Подмаячная Еникальской сопочной группы | | |
|---------------------------------------|---|-------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| | Кем отобрана проба, дата отбора | | | | | | | | |
| | Курдюков М. А., 30. IX 1925 г. | Белоусов В. В., 1932 г. | Курдюков В. А., 22. VIII 1962 г. | Бурксер Е. С., 24. IX 1925 г. | Белоусов В. В., 1932 г. | Курдюков В. А., 18. VIII 1962 г. | Курдюков М. А., 25. IX 1925 г. | Воробьев М. Н., 24. VIII 1932 г. | Курдюков В. А., 29. VIII 1962 г. |
| CO_2 | 37,6 | 37,6 | 10,19 | 22,3 | 43,2 | 4,10 | 3,8 | 59,9 | 28,52 |
| CH_4 | 25,5 | 62,4 | 89,66 | 56,7 | 56,7 | 94,81 | 96,0 | 38,7 | 64,36 |
| $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{T. У.}$ | 0,3 | — | 0,15 | 6,0 | — | 0,38 | 0,2 | — | 0,28 |
| $\text{N}_2 + \text{редкие}$ | 39,6 | — | — | 15,0 | 0,1 | 0,71 | — | 1,4 | 6,56 |

Такого рода пульсации двуокиси углерода в составе выделений грязевых сопок могут быть связаны с новейшими тектоническими движениями в пределах Керченского полуострова и иметь глубокие корни. Приведенные в табл. 5 изменения содержания CO_2 в спонтанных газах отдельных грязевых сопок за 37-летний период дают максимум его, связанный, возможно, с эпохой сейсмоструктурных движений известного крымского землетрясения 1927 г. Имеются сведения, что землетрясение 1927 г. сопровождалось несколькими сопочными извержениями (например, Джау-Тепе) [8]. Вероятно землетрясения, приуроченные к ялтинско-алуштинскому и феодосийскому очагу, если магнитуда их больше 6,5 единиц, могут качественно изменить состав газовых сопочных выделений. Изучение сопочных газовых выделений в 30-е годы совпало с периодом сейсмоструктурной активности этой территории. Увеличенное содержание CO_2 , фиксировавшееся в то время, принималось как стабильная особенность некоторых грязевых вулканов Керченского полуострова.

Азот в сопочных газах имеет как биогенную, так и воздушную природу. Его содержание зависит от интенсивности биохимических процессов, происходящих в недрах. Количество биогенного N_2 составляет 25,4—46,7% общего азота.

Определение растворенных газовых компонентов в сопочных водах не всегда возможно. Но наличие растворенной двуокиси углерода определяется повсеместно в тех пунктах, где сопки продуцируют углекисло-метановые газы. В водах грязевого грифона в пределах Каменской антиклинали содержание растворенной двуокиси углерода доходит до 115,8 мг/л. В то же время в сопках, продуцирующих метановый газ (рН воды до 9,4), растворенная двуокись углерода отсутствует. Растворенный сероводород встречается повсеместно в количествах 1,4—15,3 мг/л. В спонтанных газах зафиксированы следы сероводорода.

В ряде пунктов Керченского полуострова известны проявления углекислых и метаново-углекислых хлоридно-гидрокарбонатных вод, свя-

занных непосредственно с грязевыми сопками. Ряд таких источников (Сеит-Эли, Қаялы-Сарт и Султановские) имеется вблизи населенных пунктов Высокое, Черняхово и Тасуново. До настоящего времени сохранились остатки античного каптажа источника с водой углекислого хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава на окраине села Партизаны вблизи Керчи [1, 2].

Формирование химического состава сопочных вод и растворенных в них газов

При характеристике йонно-солевого состава сопочных вод следует прежде всего подчеркнуть тот факт, что преобладающим катионом после натрия является магний, и концентрация ионов магния достигает 15,2—1,4% экв/л, а концентрация ионов кальция несколько меньше — от 3,4 до 0,8% экв/л. В то же время воды майкопских отложений по йонно-солевому составу характеризуется подчиненными значениями йона магния по отношению к йону кальция. Содержание кальция в водах майкопских отложений полуострова составляет 5,9—0,4% экв/л, а ионов магния — 2,2—0,1% экв/л. Исключением являются воды майкопских отложений Мошкаревской площади, где по нескольким анализам вод соотношение между магнием и кальцием совсем обратное. Таким образом, одинаковые по классу и минерализации воды майкопских отложений и грязевых сопки не являются адекватными. Формирование сопочных вод следует объяснять, в первую очередь, подтоком из глубин хлоридно-натриевых вод с повышенным содержанием магния, смесью малых объемов таких рассолов с большими объемами хлоридных и гидрокарбонатных натриевых (с кальцием) вод, свойственных майкопским отложениям.

Высокие концентрации йода, брома, бора, мышьяка, лития и других элементов, а также повышенное содержание CO_2 в составе спонтанных выделений сопки не случайное и, вероятно, связано с магматическими процессами. Формирование вод с большим содержанием бора связано с метаморфизмом, который возникает при инъекции магмы в осадочный комплекс с последующим перераспределением бора между породами и подземными водами. Приуроченность углекисло-борно-литиевых сопочных выделений к глубинным разломам и тектоническим швам несомненна. Можно даже наметить две линейно вытянутые зоны углекисло-борно-литиевых проявлений субширотного и субмеридионального распространения (рис. 1): первая — по линии Тарханской, Булганакской и Еникальской сопочных групп с выходом ее на Таманский полуостров (сопки Чушка, Горелая и др.) и вторая — менее четко выраженная в линейном распространении — зона Султановских, Сеит-Элийских и Қаялы-Сартских источников.

Кроме глубинных факторов, которые влияют на йонно-солевой состав сопочных вод, на их метаморфизацию оказывают влияние и процессы биогенеза. При бактериологическом изучении свежих сопочных грязей и вод (частично и керченских) В. И. Таусон [9] и Т. Л. Гинзбург-Қарагичева [5] нашли своеобразный комплекс микрофлоры в целом, свойственный и для глубоких недр Крымско-Кавказской нефтегазоносной провинции. В грязях и водах сопки ими отмечено широкое распространение многочисленных анаэробных групп бактерий и преобладанием сульфатредуцирующих форм.

Угледородные газовые проявления способствуют широкому распространению сульфатредуцирующих форм бактерий. В отдельных местах в верхней части разреза в пределах восточного окончания Керченского полуострова выявлены мощные зоны сероводородного заражения подземных вод (Чокракская площадь). Формирование ее осуществляется за счет жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий, питающихся угледородными продуктами. Появление сульфатно-хлоридных

вод (Тарханская сопочная группа) на фоне распространения гидрокарбонатно-натриевых и хлоридных объясняется антиподом сульфатредукции — ретроградной концентрацией сульфатов в результате жизнедеятельности тионокислителей, питающихся сероводородом.

Гидродинамические условия

В областях развития грязевого вулканизма (Западный Апшерон, Прикуринская низменность, Кобыстан, Кюров-Даг и др.), как правило, существуют аномально высокие пластовые давления [3, 7], которые также установлены в водоносных горизонтах тортона, майкопа и верхнего мела Керченского полуострова. Так, скважиной 111 Мошкаревской площади в интервале глубин 1105—1112 м ($Сг_2$) зафиксировано давление 203 атм. Следует полагать, что существование аномально высоких пластовых давлений является одним из побочных процессов, сопровождающих грязевого вулканизм. Поскольку осадочные породы, заполняющие прогиб, в основном гетерогенные, напряжения, возникающие в них, воспринимаются структурой пород по-разному. Горное давление воспринимается частично скелетом породы, частично флюидом, заполняющим его поры и трещины. В условиях существования мощной слабопроницаемой пластичной толщи пород горное давление передается на нижние, недостаточно прочные породы и включенные в них флюиды. Таким образом, под толщей майкопских глин, широко развитых в указанном районе, формируется неуравновешенное напряженное поле. Возможно, не меньшее значение для образования напряженного поля играют активно протекающие тектонические процессы, свойственные этому району. Тектонические движения тоже приводят к формированию разрывных нарушений и пластичных течений в экранирующей толще. Это завершается прорывом флюидов на поверхность из зон с повышенной напряженностью. Вода и газ, проходя через мощные толщи майкопских глин, вовлекают в движение окружающие глинистые породы. Перетоки масс в неуравновешенной мощной глинистой толще приводят к непрерывному процессу формирования антиклинальной структуры — криптодиапира — диапира — грязевого вулкана. Все это свидетельствует о том, что Керченский полуостров является районом локальной разгрузки вод глубоких водоносных комплексов по каналам грязевых вулканов. Разгрузка подземных вод уменьшает энергетическое напряжение глубинных водонапорных систем данного района.

Проявления грязевого вулканизма на территории Керченского полуострова сопровождается разгрузкой глубинных (мезозойских) водонапорных систем.

Ионно-солевой состав сопочных вод Керченского полуострова свидетельствует о том, что в формировании их принимают участие хлоридные натриевые (с магнием) рассолы, свойственные водоносным горизонтам меловых отложений зоны затрудненного водообмена. Особенностью этого района является наложение на процессы грязевого вулканизма проявлений углекислых терм, связанных, в свою очередь, с молодым вулканизмом. Это подтверждается мофетными выделениями двуокиси углерода, бора, лития, и др., а также значительной положительной геотермической аномалией в пределах полуострова.

Переплетением грязевого и пирогенного вулканизма обусловлен своеобразный состав спонтанных сопочных выделений, когда отдельные грязевые сопки продуцируют до 1/3 объема двуокиси углерода.

Характерные пульсации двуокиси углерода в составе спонтанных выделений обусловлены, возможно, новейшими тектоническими движениями и реагируют на землетрясения с магнитудой 6,5 единиц.

С точки зрения оценки перспектив нефтегазоносности очевидным является факт выделения преимущественно углеводородных газов в гри-

фонную стадию и при сопочных извержениях, что является прямым признаком газоносности глубоко погруженных пород. Наличие мелких нефтяных и нефтегазовых месторождений в песчаниках майкопа и тортона может свидетельствовать о былой внутренней разгрузке флюидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбов С. В.— ДАН СССР, 1953, 38, 6.
2. Альбов С. В. Гидрогеология Крыма. Изд-во АН УССР, К., 1956.
3. Аникиев К. А. Аномально высокие пластовые давления в нефтяных и газовых месторождениях. «Недра», М., 1964.
4. Белоусов В. В., Яроцкий Л. А. Грязевые сопки Керченско-Таманской области. «Тр. Гелиоразведки», М.—Л., 1936, 8.
5. Гинзбург-Карагичева Т. Л. и др.— В кн.: Результаты исследования грязевых вулканов Крымско-Кавказской геологической провинции. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1939.
6. Гордиевич В. А. и др. Гидрогеология Крыма и перспективы его нефтегазоносности. Изд-во АН УССР, К., 1963.
7. Мелик-Пашаев В. С.— Азербайджанское нефтяное хозяйство, 1953, 5.
8. Мурзаев П. Н.— В кн.: Труды Крымского научно-исследовательского института, Симферополь, 1927, 2, 1.
9. Таусон В. И. и др. Микробиология, 1933, 2, 4.

Трест «Крымнефтегазразведка»,
Министерство геологии УССР,
Украинский научно-исследовательский
институт природных газов

Статья поступила
24.V 1966 г.