

ГЕНЕЗИС ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ

Выяснением причин возникновения горячих источников в природе ученые занимаются давно. Изучение геотерм Земли связано, прежде всего, с существованием неисчерпаемого и экологически чистого источника тепловой энергии [Кононов, 2002]. Особый интерес к этим природным явлениям испытывают геологи-нефтяники, так как геотермальные аномалии часто сопутствуют залежам нефти и газа. По данным треста «Гелиогазразведка» (Союзгаз), ранее обобщавшего материалы по природным газам СССР [Природные..., 1935], установлено, что в скважинах различных месторождений Евразии выходы углеводородов (УВ) сопряжены с выходами газов сероводородного состава, азота, углекислого газа и прочих струй в холодном или (чаще) подогретом состоянии. Иногда газовые источники проникают на дневную поверхность в виде грифона, порой совместно с минерализованной водой. Многие из них издавна используются в лечебных целях.

Природу геотермальных явлений исследователи объясняли по-разному. Б.Н. Султанов [1961], например, отличия температурных аномалий на разных месторождениях Предкавказья усматривал либо в различных режимах циркуляции и составе подземных вод, либо в разной теплопроводности пород, или в разных методах эксплуатации месторождений, а также в различии эрозионных процессов и т.д. М.Г. Рамазанзаде и П.М. Ростимян полагали что «старение» нефти, сопровождаясь выделением тепла, может вызвать снижение ее энергетического баланса, что и повышает температуру пород пласта. Однако на протяжении более 50 лет изменение градиента температуры с 33 м/с до 56,08 м/с на Апшеронских месторождениях оставалось одинаковым.

По мнению Г.Д. Лидина [1935], на курортах Кавказа часто присутствуют азотно-углеводородные струи в водных источниках. Например, Боржомский источник содержит почти 90% азота и 10,8% углеводородов. Г.Д. Лидин связывает это с проникновением газов с больших глубин по разломам (эти источники всегда термальные). Мацестинские источники сероводородные, солено-щелочные, с температурой воды 21–24°C. Бальнеологический курорт Цхалтубо характеризуется водными источниками с температурой 34–35°C, минерализацией 0,67 г/л и азотными (97–98%) струями с примесью углеводородов. Источники здесь к тому же радиоактивные (3,28–6,79 ед. Mache).

Геологами-нефтяниками установлена также связь геотерм с грязевым вулканизмом, что как будто указывает на современную активность

геологической структуры, сопровождающуюся движением горных масс с одновременным повышением температуры соприкасающихся пород в антиклинальных валах. Некоторые геологи [Китык, Плотников, 1977], связывая выходы грязевых вулканов с минеральными источниками, признают последние спутниками нефтяных месторождений. Сведения о связи нефти и грязевых вулканов стали появляться в литературе уже в первой половине XIX в. Например, В.В. Белоусовым [1937] было высказано мнение, что месторождения УВ в Баку и на Тамани обуславливают грязевые вулканы. Г.П. Гельмерсен [1864] и Н.А. Головкинский [1889] видели эту связь в том, что грязевые источники всегда располагаются на антиклинальных ловушках, где сконцентрированы нефтяные месторождения. Д.В. Голубятников [1932] полагал, что газ, выделяющийся при извержении грязевого вулкана, происходит из залежи УВ. М.К. Калинин [1968] и Е.Ф. Шнюков [1986] считали, что грязевые вулканы возникают в тот момент, когда давление в залежи приближается к геостатическому.

По данным А. Л. Козлова [1935], на северо-западном окончании Кавказа минеральные источники содержат не менее 80% метана. Они приурочены часто к отдельным сопкам грязевых вулканов, располагающихся среди поля развития нижнемеловых отложений. Сочинские горючие углеводородные газы известны лишь в искусственных выработках (колодцы, тоннели и пр.). В некоторых из них отмечается азот (0,1–4,6%), гелий (0,005%), Ag+Kг+Xe (0,32%). Все они, по мнению А.Л. Козлова, имеют пространственную связь с надвигами.

Природа грязевого вулканизма изучается почти два столетия, но интерес к этому явлению не ослабевает, что, очевидно, вызвано не до конца познанной причиной его возникновения, а также тем обстоятельством, что грязевые вулканы, можно рассматривать в качестве природных глубоких скважин, дающих информацию с больших глубин.

Анализ данных глубокого бурения, проведенного на Горностаевской структуре (Крым), где известен ископаемый грязевый вулкан, как нам представляется [Казанцев, Бехер, 1988], приоткрывает тайну происхождения грязевого вулканизма, который оказывается связанным с явлениями надвигания. Горностаевская антиклиналь и формирующий ее надвиг встречены здесь скважинами 1, 2, 4 (рис. 1). Структура к тому же осложнена Алексеевским сдвигом, впервые выделенным сейсмографическими исследованиями, как вертикальное нарушение субмеридионального простираения. Зона сдвига подтверждена скв. 2 в интервале 2780–

2810 м. Бурением установлено, что на глубине Алексеевский сдвиг обрывается Горностаевским надвигом, доказывая вторичность сдвиговой дислокации по отношению к надвигу. Как было показано на Урале [Казанцев, 1984], все сдвиги возникают в процессе латерального движения аллохтонных структур в качестве элементов, облегчающих транспортировку аллохтонов на большие расстояния путем расчленения их на части.

Выход Горностаевского грязевого вулкана в плане связан с зоной Алексеевского сдвига и это, очевидно, определяет их генетическую взаимосвязь. На профиле (см. рис. 1) мы видим, как у зоны сдвига слои пород резко изгибаются вверх. Очевидно водно-грязевой поток проник в зону дробления Алексеевского сдвига в месте пересечения им наиболее ослабленной и интенсивно трещиноватой сводовой части Горностаевской структуры. По этому каналу транспортировались вверх тектонические обломки различных по составу и возрасту пород, в том числе глинистых образований нижнего мела, располагающихся здесь на глубине более 3 км.

Очевидно, происхождение грязевого вулканизма можно связать с движением надвиговой структуры, а место его излияния чаще приурочено к участкам осложнения ее сдвиговым нарушением. В условиях горизонтального сжатия газовой флюиды, концентрация которых, как известно, обусловлена природными ловушками, нагнетаются в сводовое пространство антиклинали, над которой располагаются вулканические аппараты. Первая же разрядка нагрузки, вызванная возобновлением движения по разрывам, влечет за собой неременное истечение жидкости по созданным природой каналам в направлении меньшего давления, то есть к дневной поверхности. Присутствующие на пути восходящего потока глинистые массы частью захватываются, а частью растворяются во флюиде и выносятся на поверхность. Происхождение грязевых вулканов, следовательно, обязано горизонтальным движениям, которые формируют складчатые структуры, создавая в них с помощью сдвигов каналы вулканических аппаратов, обеспечивающих поступление жидкости вверх. Движение аллохтонов происходит унаследованно в течение миллионов лет, причем их скачкообразные срывы сменя-

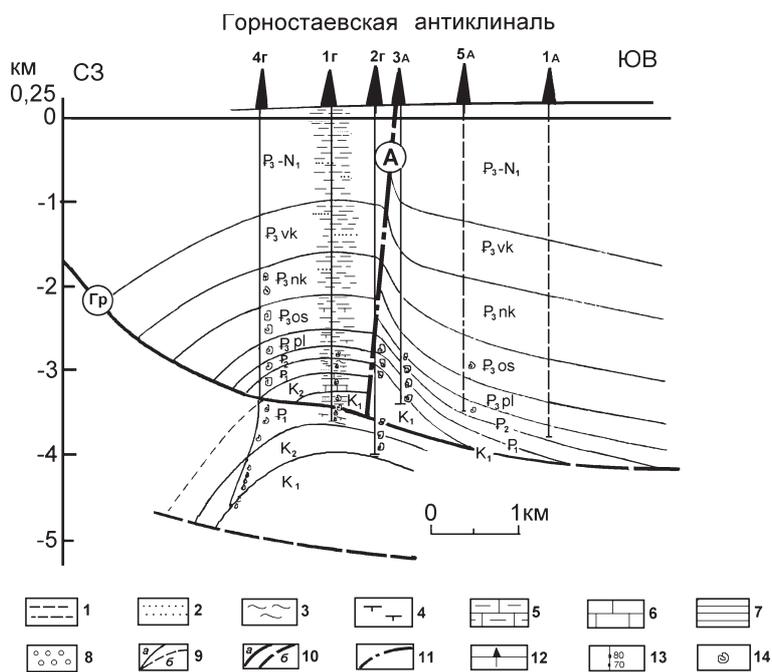
ются периодами покоя и затухания активности. Прерывистый характер перемещения объясняется существованием трения в подошве аллохтонов, вследствие чего сначала происходит накопление энергии горизонтального сжатия, а затем резкий срыв. И каждый такой тектонический цикл сопровождается генерацией УВ и сопутствующих газов.

Преобразование органического вещества в подвижные УВ, выделение межслоевой воды из монтмориллонита вмещающих пород, способной переносить УВ, также обязано боковому сжатию [Казанцева и др., 1982]. Проскальзывание горных пород по надвигам или же вдоль возникающих многочисленных трещин в условиях смятия слоев в антиклинальные складки приводит к локальному повышению температуры за счет выделения тепла при подобных деформациях. То есть в таких условиях создавались не только резервуары, но и благоприятные термодинамические условия, необходимые для генерации нефти и газа, а также для формирования в верхних слоях разреза газовых и водяных термальных аномалий. Следовательно, прав был Б.Н. Султанов [1961], обративший внимание на большую нагретость термальных источников, расположенных в сводах антиклиналей. «Долгоживущие региональные разломы вырисовываются не только как зоны концентрации напряжений в земной коре, но и как генераторы вторичного локального теплового потока термомеханического происхождения» [Паталаха и др., 1978]. В благоприятных условиях уровень концентрации тектонических напряжений может оказаться достаточным для возникновения сверхвысоких давлений.

Интерес в данном случае представляет собственный тепловой эффект, который может быть весьма значительным. Для тектонического сжатия,

Рис. 1. Геологический разрез Горностаевской антиклинали (по Ю.В. Казанцеву, Н.И. Бехер [1988])

1 – глины; 2 – пески и песчаники; 3 – алевролиты; 4 – известковистые глины; 5 – мергели; 6 – известняки; 7 – аргиллиты; 8 – конгломераты; 9 – стратиграфические границы: установленные (а) и предполагаемые (б); 10 – надвиги: установленные (а) и предполагаемые (б); 11 – сдвиги; 12 – скважины: А – Алексеевской, Г – Горностаевской площадей; 13 – углы наклона слоистости по керну; 14 – места определения фауны



действующего длительное время, характерно одновременное проявление процессов складкообразования и метаморфизма. Б.И. Паталахой с соавторами [1978] показано: «что область тектонического контакта значительно разогрета. Разлом является своего рода тепловым резервуаром с температурами, возрастающими с глубиной и убывающими при удалении от разлома по латерали (рис. 2). Такое распределение температур вполне объясняет повышенные значения теплового потока в зонах разломов» (С. 88). Особенностью наклонных разломов является то, что максимум теплового потока смещен относительно выхода разлома на дневную поверхность в сторону его падения.

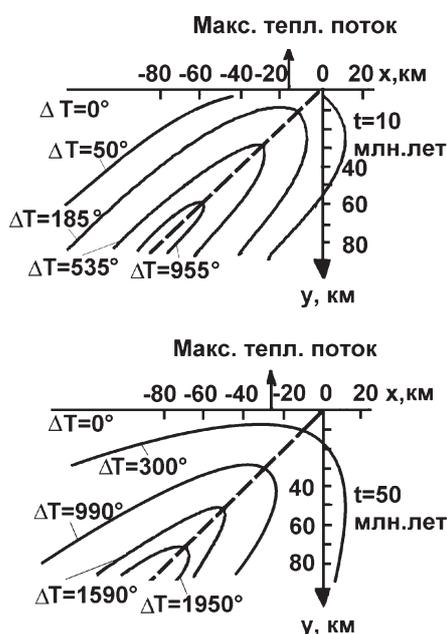


Рис. 2. Поля приращений температур в областях наклонных разломов (по Паталаха и др. [1978]); $v = 1\text{ см/год}$, $\alpha = 45^\circ$

В течение нескольких десятков лет мы занимались изучением термальных аномалий г. Янган-Тау, где расположен широко известный курорт. Нашими исследованиями установлено и подкреплено физико-математическими расчетами [Нигматулин и др., 1998] тектоническое происхождение этого термального явления.

Таким образом, с движением тектонических пластин генетически связаны важнейшие геологические явления и процессы, такие как складчатость, осадконакопление, генерирование углеводородов, формирование грязевых вулканов, возникновение геотермальных источников и пр. Этим подтверждается универсальность шарьяжно-надвигового механизма формирования складчатых областей, с помощью которого создается не только структура, но и вещественный состав этих областей.

В заключении можно заметить, что наиболее удачным, емким и целесообразным для рассматриваемой проблемы термином может явиться термо-

тектогенез, предложенный в конце прошлого века Е.В. Павловским.

Литература:

Белоусов В.В. Очерки геохимии природных газов. Ленинград: ОНТИ – Химтеорет, 1937. 144 с.

Гельмерсен Г.П. О месторождениях нефти и разработке их в окрестностях Керчи и Тамани // Горный журнал. 1864. С. 51–61.

Головкинский Н.А. Отчет гидрогеолога за 1889 г. Симферополь, 1889.

Голубятников В.Д. Природные газы Дагестана // Труды геолого-разведывательного бюро газовых месторождений. М.; Л. Вып. 1. 1932.

Казанцев Ю.В. Структурная геология Предуральяского прогиба. М.: Наука, 1984. 184 с.

Казанцев Ю.В., Бехер Н.И. Аллохтонные структуры Керченского полуострова // Геотектоника. 1988. № 4. С. 77–89.

Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В. и др. Происхождение нефти / ИГ БФАН СССР. Уфа. 1982. 30 с.

Калинко М.К. Неорганическое происхождение нефти в свете современных данных (критический анализ). М.: Недра, 1968. С. 316–335.

Китык В.И., Плотников А.М. Грязевые вулканы, дисгармоничные складки и нефтегазоносность Керченского полуострова // Тектоника провинций горючих ископаемых. Киев: Наукова думка, 1977. С. 31–43.

Козлов А.Л. Кубано-Черноморский газоносный район // Природные газы СССР. М.; Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. С. 246–259.

Кононов В.И. Геотермальные ресурсы России и их использование // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 2. С. 115–125.

Лидин Г.Д. Азотные струи Кавказа // Природные газы СССР. М.; Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. С. 431–434.

Нигматулин Р.И., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янгантау / Отд-ние наук о Земле и экологии АН РБ. Уфа. 1998. 70 с.

Паталаха Е.И., Поляков А.И., Севрюгин Н.Н. Роль механического фактора в термическом режиме зон крупных разломов // Геотектоника. 1978. № 4. С. 78–90

Природные газы СССР / Под ред. В.Д. Голубятникова и В.И. Рейнеке. М.; Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. 601 с.

Султанов Б.И. Некоторые причины геотермической аномалии Апшеронской нефтеносной области // Изв. ВУЗов. Нефть и газ. 1961. № 7. С. 9–15.

Шнюков Е.Ф. Грязевый вулканизм Керченско-Таманской области как рудообразующий процесс // Геологический журнал. Киев: Наукова думка. 1986. № 6. С. 161–165.