

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Бейкер, мл, П. Грейвс-Моррис. Аппроксимации Падэ. М. Мир, 1986.
2. В.М. Березкин, М.А. Киричек, А.А. Кунарев. Применение геофизических методов разведки для прямых поисков месторождений нефти и газа. М. Недра, 1978.
3. У. Джоунс, В. Трон. Непрерывные дроби. М. Мир, 1985.
4. В.Н. Страхов. Аналитическое продолжение потенциальных полей. Гравиразведка: Справочник геофизика под ред. Е.А. Мудрецов, К.Е. Веселова. М. Недра, 1990.
5. П.К. Суетин. Классические ортогональные многочлены. М. Наука, 1979.
6. Ермохин К.М. Аналитическое продолжение геофизических полей в область источников аномалий с помощью цепных дробей. Вопросы теории и практики интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. М. ИФЗ РАН, 2007.
7. Ермохин К.М. Аналитическое продолжение геофизических полей в область источников аномалий методом аппроксимации цепными дробями. Геофизика (ЕАГО), 1.2007.

**УСИЛЕНИЕ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ
КАК ИНДИКАТОР СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ****Жигалин А.Д.**

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва, zhigalin@land.ru

Закономерности распространения грязевых вулканов на континентах планеты, а также в морях и океанах показывают, что большинство грязевулканических провинций тяготеет к активной в сейсмическом отношении альпийской зоне складчатости. Единой точки зрения относительно механизма формирования грязевых вулканов и закономерностей проявления грязевого вулканизма не существует. В начале XX века обозначилась три главных направления, в рамках которых предпринимались попытки объяснить механизм формирования грязевых вулканов.

Одни исследователи, к группе которых относятся Штебер Э.П., Ковалевский С.А., Горин В.А., Кудрявцев Н.А., Кропоткин П.Н., Валяев Б.М., Мехтиев Ш.Ф., Гемп С.Д., Буниат-Заде З.А., Уилсон К.К. и др., утверждают, что грязевые вулканы имеют эндогенное магматическое происхождение. Другие геологи, среди которых следует назвать Шатского Н.С., Жукова М.М., Милановского Е.В., Руженцева В.Е., Зубера С., Горина В.А., Федорова С.Ф., Буниат-Заде З.А., Бондарчука В.Г., Путкарадзе А.Л., Зейналова Ч.А., Сирыку И.М., Халилова Н.Ю., Керимова А.А., Пильчина А.Н., Еланского Л.Н., Коппа М.Л. и др., главным фактором, определяющим возникновение грязевых вулканов, считают геодинамические процессы – развитие диапировых складок, пологих надвигов или глубинных разломов. Наибольшее число приверженцев, в группу которых вошли Калинин М.К., Якубов А.А., Зейналов М.М., Буниат-Заде З.А., Рахманов Р.Р., Григорьянц Б.В., Шнюков Е.Ф. и др., оказалось у точки зрения, согласно которой образование грязевых вулканов связано с формированием и разрушением месторождений нефти и газа. При этом, избыточное давление, возникающее в нефтяных залежах и обуславливающее прорыв грязебрекчий на поверхность через эруптивные каналы грязевых вулканов многие исследователи объясняли избыточным давлением углеводородных газов, сконцентрированных в недрах [1, 2]. Тем самым проявления грязевого вулканизма «привязывалось» к местонахождению месторождений углеводородного сырья.

Грязевулканическая деятельность характеризуется устойчивой периодичностью и обычно распадается во времени на два периода: период подготовки и, собственно, извержения. Во время извержения на дневную поверхность изливаются потоки полужидких грязебрекчий. Иногда при извержении из жерла вулкана выбрасываются твердые обломки и глыбы пород, нередко происходит самовозгорание попутно выходящих углеводородных газов, и над кратером появляется горящее пламя. Массы грязебрекчий, в которых содержатся большие количества воды, нефти, сероводорода и рассеянных сульфидов, растекаясь на площади, одновременно надстраивают образовавшийся ранее старый конус, формируют так называемые вулканические постройки. Извержение грязевого вулкана может длиться несколько дней, сопровождаться землетрясениями. В период затишья на кратерной площадке вулкана появляются многочисленные сальзы и грифоны, непрерывно поставляющие на поверхность жидкую грязь, газ, воду, иногда нефть или её следы. Возле каждого источника, пробивающегося на поверхность, отлагается масса плотных глинистых корок, которые, наращиваясь, превращаются в миниатюрное подобие вулкана и в дальнейшем становятся основанием вулканических построек в виде конусов различной высоты.

Грязевые вулканы очень редко бывают одиночными и обособленными. Гораздо чаще они формируют гряды или группируются в грязевулканические провинции разных размеров. При этом главной ареной, на которой проявляется грязевой вулканизм, являются предгорные и межгорные впадины, в которых накапливаются мощные толщии терригенно-глинистых кайнозойских отложений. Глубина проникновения корней грязевых вулканов может достигать нескольких километров. Состав газов, в изобилии поставляемых грязевыми вулканами, как во время извержений, так и в сальзово-грифоновую стадию, позволяет считать их генетически связанными с осадочными толщиями грязевулканических провинций.

В нашей стране одна из крупных грязевулканических провинций располагается в пределах северо-западной части Западно-Кубанской впадины, на Таманском полуострове. Здесь зафиксировано около 100 грязевулканических проявлений. Для грязевулканической провинции Таманского полуострова характерно распространение двух типов вулканической деятельности. Для одного из них характерны извержения с образованием вулканических построек, формирующихся за счёт периодического поступления на поверхность полужидких масс грязебрекчий, которые во время очередного извержения растекаются от кратера к периферии вулкана, надстраивая и увеличивая, таким образом, объём вулканического конуса. Извержения другого типа сопровождаются растеканием продуктов выноса по поверхности с образованием луж жидкой грязи, солончаков, заболоченных участков. Такое грязевое болото обычно бывает осложнено небольшими салъзами или небольшими грифонами, из которых постоянно изливается жидкая грязь, вода со следами нефти, выделяются газы, в том числе и способные к самовозгоранию. Заметные вулканические постройки при таком типе вулканической деятельности крайне редки. Чаше, наоборот, образуются небольшие озерца, в которых выходы нефти и выделения газов особенно заметны.

Грязевой вулканизм представляет собой весьма интересный геологический феномен, поскольку, с одной стороны, служит указателем глубинного нахождения месторождений углеводородов, а, с другой стороны, может рассматриваться при своих проявлениях и как индикатор активизации сейсмической и вулканической деятельности. Именно поэтому грязевулканическая деятельность привлекает специалистов, работающих в различных областях.

Летом 2007 г. на Таманском полуострове, в юго-западной и северо-восточной его частях, группой специалистов-геофизиков были проведены комплексные геофизические наблюдения с целью выявления связи активности грязевых вулканов, отображающей изменение напряженного состояния горных пород верхнего слоя земной коры в сейсмически активных регионах, с уровнем электростатического и радиационного полей, а также эсхалацией водорода. Наблюдения проводились на двух полигонах – Бугазском, расположенном в юго-западной части полуострова на побережье Черного моря, и Темрюкском (г. Гнилая), который находится в северо-восточной части полуострова вблизи побережья Азовского моря. На рис. 1-(1) показаны места расположения полигонов: литерой **Б** обозначен Бугазский полигон, находящийся вблизи береговой линии Черного моря, литерой **Т** – Темрюкский полигон на горе Гнилой на юго-восточной окраине г. Темрюк.

Бугазский полигон, вытянутый вдоль береговой линии Черного моря, находится в долине между двух гребней, превышение которых над долиной составляет 10-30 м. Общая длина полигона составляет более 2-х км при ширине порядка 500 м. Для Бугазского полигона характерно наличие выходов грязевых или водных потоков, образующих ключи или небольшие озерца с последующим сто-

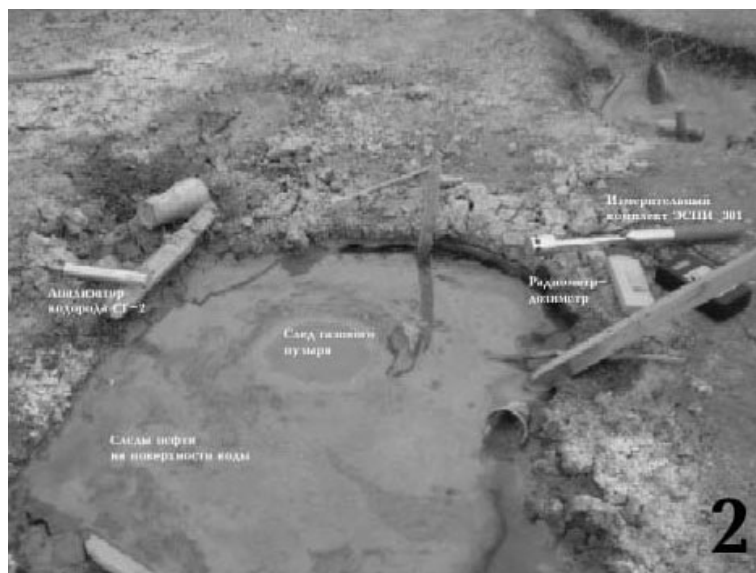


Рис. 1. Расположение Бугазского и Темрюкского геофизических полигонов на Таманском полуострове (1) и пример проведения измерений напряжённости электростатического поля, поля радиоактивности и эсхалации водорода (2)

ком их в большие по размерам поверхностные водоёмы. В местах выходов водно-грязевых масс заметны следы нефти, наблюдается выделение газов. Вулканических построек в пределах полигона, почти не встречается. Проявления грязевого вулканизма имеют весьма сдержанный характер.

Геофизические наблюдения, включающие измерения напряжённости электростатического поля, уровня радиации и выхода (эсхалиции) водорода, проводились вдоль нескольких профилей, проложенных по простиранию и вкрест простирания долины, непосредственно в местах проявления вулканизма в том или ином виде. Сначала был пройден рекогносцировочный профиль, каждая точка измерения на котором была приурочена к выходу грязевого или водного потока, нефте- и газопоявлениям. В силу этого рекогносцировочный профиль имел вид ломаной линии. Другие, рабочие, профили прокладывались традиционным способом по прямым линиям. Общая длина профилей составила около семи километров. Измерения геофизических параметров (напряжённости электростатического поля, уровень радиации и уровень эсхалиции водорода) проводились одновременно. Измерительная аппаратура размещалась вблизи грязевого вулкана или выхода грязе-водной смеси, газов и нефти. Момент проведения измерений представлен на рис. 1-(2).

Темрюкский полигон на г. Гнилой имеет форму прямоугольника со стороной, длина которой составляет около 600 м, ориентированной с юга на север, и другой стороной длиной 625 м, ориентированной с востока на запад. Гора Гнилая является туристической достопримечательностью Таманского п-ова именно благодаря большому числу грязевых вулканов, неравномерно распределённых в восточной его части. На участке, где проводились измерения, вулканические постройки имеют хорошо выраженную коническую форму и образуют вытянутые гряды или группы. Высота отдельных построек достигает 3-5 м и более при ширине основания конуса порядка 10-15 м. Реже встречались проявления вулканизма в виде периодических излияний на поверхность грязевых потоков. Значительная часть грязевых вулканов в период проведения наблюдений была активна. Поверхность грязи в вулканических кратерах время от времени возмущалась обильным газовыделением. Время от времени в кратерах можно было увидеть невысокие фонтанчики грязи. Геофизические измерения (измерения напряжённости электростатического поля и уровня радиации) проводились вдоль трёх профилей, два из которых проходили с юга на север и один – с востока на запад. Профили пересекали обширное вулканическое поле. Общая длина профилей составила около полутора километров.

Предпосылкой для проведения геофизических наблюдений служило предположение о возможном выходе в кратерах грязевых вулканов радиоактивного радона и, как следствие, увеличения ионизации приземного слоя атмосферы с повышением потенциала атмосферного электричества. Выход радона попутно с углеводородными газами и водородом можно рассматривать как индикационный признак степени активности грязевулканической деятельности и возможных проявлений сейсмичности.

Измерения проводились с использованием прибора ЭСПИ-301 (для измерения напряжённости электростатического поля), дозиметра RD 8901 (Quartex) и газоанализатора водорода ВГ-2. Результаты проведенных измерений показали, что имеет место хорошая корреляция между параметрами измеряемых геофизических полей и соотносимость наблюдаемых аномалий с положением вулканических построек.

Результаты синхронных измерений напряжённости электростатического поля и поля ионизирующего излучения вдоль одного из профилей, пройденного на Темрюкском полигоне (г. Гнилая), показывают, что практически все участки аномальных, повышенных, значений электростатического поля приурочены к местам расположения (или траверзам) одиночных вулканических построек или их групп (рис. 2). Аномальные участки радиоактивности также могут быть «привязаны» к

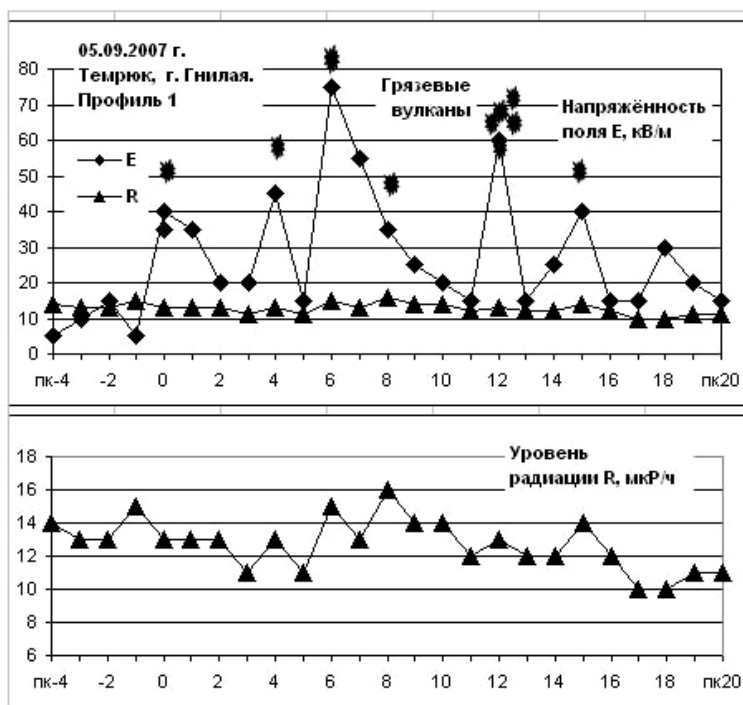


Рис. 2. Результаты измерения электростатического (E) и радиационного (R) геофизических полей вдоль профиля на участке распространения грязевых вулканов (г. Гнилая, Темрюкский полигон, Таманский п-ов)

местам расположения вулканических конусов, хотя эта связь менее выражена. Следует заметить, что общий уровень радиационного фона не достигает сколько-нибудь высоких (и тем более опасных) пределов. То же можно сказать и об электростатическом поле. Однако результаты измерений могут считаться достоверными и информационными, поскольку при проведении осуществлялся необходимый контроль получаемых данных путём многократных повторных замеров.

Результаты измерений на Бугазском полигоне оказались менее выразительными, хотя определённая корреляция между данными электрометрии, радиометрии и величиной уровня выхода водорода также имеет место. Некоторая видимая неопределённость при анализе данных измерений на Бугазском полигоне, возможно, оказалась обусловленной большим видовым разнообразием грязевулканических проявлений на территории этого полигона. Что же касается большей «выразительности» результатов измерений на Темрюкском полигоне, то, вероятно, тут сыграло свою роль и то обстоятельство, что в день проведения измерений на Темрюкском полигоне, а именно 5.09.2007 г. в период между 8 и 14 часами по московскому времени произошло слабое местное землетрясение энергетического класса $K=8.5$, которое было зарегистрировано сейсмической станцией Анапа в 11:41 UT (14:41 MSK). Эпицентр землетрясения находился на акватории Чёрного моря. Совпадение по времени периода проведения геофизических наблюдений и сейсмопроявления позволяет сделать заключение о том, что в данном случае изменение напряжённого состояния горных пород в верхней части земной коры, которое проявилось в появлении зарегистрированных аномалий радиации и напряжённости электростатического поля, было обусловлено подготовкой землетрясения или, возможно, его форшоками.

Хорошую корреляцию данных геофизических наблюдений между собой и «привязку» их к местам расположения вулканических построек можно предположительно интерпретировать как известный сейсмологам феномен «коллективного поведения» признаков-предвестников, что является характерной особенностью завершающей стадии процесса подготовки сильных землетрясений. Следует также заметить, что в течение двух дней перед зарегистрированным сейсмическим событием, а именно 3 и 4 сентября, наблюдалось необычное скопление медуз больших размеров (до 40-60 см в диаметре) вблизи Таманского побережья Чёрного моря на всём его протяжении от Керченского пролива до Анапы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холодов В.Н. О природе грязевых вулканов Интернет-страница EduSearch.RU, 23.10.2007г.
2. Шнюков Е.Ф. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2006. 176 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА БАЗЕ ГЛУБОКИХ И СВЕРХГЛУБОКИХ СКВАЖИН

Жигалин А.Д.¹, Беляков А.С.², Лавров В.С.², Николаев А.В.^{1,2}, Севальнев А.В.¹

¹Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва, zhigalin@land.ru

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, askbel@ifz.ru

В настоящее время глубокие и сверхглубокие скважины, к сожалению, мало используются для проведения геофизического мониторинга с целью изучения процессов, происходящих в земной коре и связанных с подготовкой сильных землетрясений, а также иных катастрофических процессов. Предпочтение традиционно отдаётся организации наблюдательных полигонов на поверхности и, в редких случаях, в горных выработках.

Во всём мире к настоящему времени пробурено свыше 400 глубоких (глубиной до 3-7 км) и сверхглубоких (глубиной свыше 7 км) скважин. После завершения бурения сверхглубоких скважин они преобразуются в постоянно действующие геолого-геофизические лаборатории. Такие лаборатории в настоящее время существуют на базе Кольской СГ-3 (доступная глубина до 8 км), Уральской СГ-4 (глубина около 7 км) и Воротиловской (доступная глубина 5 км) скважин в России и скважины КТБ-Оберпфальц (глубина около 9 км) в Германии. Оценивая подходы к изучению недр, можно отметить, что на базе глубоких скважин возможно создание, в дополнение к наземной, международной опорной сети глобального мониторинга с целью выявления предвестников землетрясений и других опасных эндогенных и экзогенных процессов, а также решения национальных задач оборонного значения.

Геофизические наблюдения, проводимые в скважинах, имеют ряд преимуществ перед наземными наблюдениями, позволяющими значительно расширить возможности геофизического мониторинга процессов подготовки сильных землетрясений и других природных и техногенных негативных проявлений, которые сводятся к следующему:

➤ скважинные геофизические наблюдения осуществляются в обстановке существенно меньшего воздействия геофизических шумов, связанных с влиянием земной поверхности;