

Ж. Е. АКЕТАЕВ, А. У. АБДУЛЛАЕВ

КОМПЛЕКСНЫЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ОСНОВА СЕЙСМОГЕОХИМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТЯНЬ-ШАНЯ

Изучение термоминеральных вод (ТМВ), как информационной базы современных геодинамических процессов, ставит новую задачу - рассмотреть их не только с гидрогеологической, но и с сейсмологической, сейсмотектонической и геохимической позиций. Такая работа может быть осуществлена путем районирования территории Тянь-шаньского сейсморегиона (ТШС) по сейсмогеохимическому принципу, путем выбора и режимного наблюдения наиболее информативных типоморфных компонентов в отдельных геохимических типах ТМВ, а также изучения интенсивности газовых эманации в сейсмоактивных районах [1].

Высокотемпературные термальные воды, как показано выше, отмечаются на участках развития активной мантии, высоких градиентов теплового потока и высокой сейсмичности [2-4]. В основу сейсмогеохимического районирования положена региональная типизация геологических формаций и развитых в них ТМВ по их газовому составу с последующей геохимической классификацией по ионно-солевому составу и характерным спецкомпонентам. Размещение выходов всех известных месторождений и проявлений ТМВ нашло отражение на фоне главных тектонических структур, сейсмогенерирующих зон и сейсмической активности.

Важнейшей особенностью развития ТМВ на территории Тянь-Шаня является формирование их в зонах трещиноватости активизированных глубинных разломов, т.е. они, по существу, являются разломными водами. Их выходы на поверхность образуют хорошо выраженные в плане «термальные линии». Таковыми, например, являются термальные линии на севере и Киргизско-Терской линия на юге северного Тянь-Шаня: Мерке, Кара, Балта, Аламедин, Иссык-Ата, Улахол-Тосор, Сару-Чон, Кызылсу, Джеты-Огуз, Алтын-Арашан и Аксу вдоль Киргизско-Терского глубинного разлома: линия Рыбачье, Кошель, Курское, Долинка, Чолпон-Ата, Бозтери, Ананьеве, Курменты, Джералган на севере Иссык-Кульского артезианского бассейна: линия

Барбулак, Тосор, Актерек и Учкайнор на юге этого же бассейна. Такие же термальные линии можно отметить в северо-восточном Тянь-Шане: Заилийская, Кунгейская, Алма-Атинская, Хоргосская и Джунгарская. Аналогичные линии отмечаются в южном и западном Тянь-Шане: Туркестанская, Алайская, Ташкентская и Ферганская термальные зоны.

В размещении ТМВ четко прослеживается их непосредственная приуроченность к самой сейсмогенерирующей зоне, т.е. они представляют собой геологическую часть этой зоны и собственно формируются в ней [4].

Главными структурными элементами карты сейсмогеохимического районирования являются выделенные в естественных контурах сейсмогеохимические провинции, в пределах которых на фоне крупных тектонических структур достаточно четко вырисовываются как бы самостоятельно обособленные «прогностические» полигоны.

Северо-Тянь-Шанская провинция слабоминерализованных азотных терм охватывает территорию Южного Казахстана и северо-восточной части Киргизии в пределах Северо-Тянь-Шаньской, Иссык-Кульской и северной части Срединно-Тянь-Шаньской физико-географических областей. Северная граница провинции проходит по структурной линии Илийского артезианского бассейна, а южная – по линии Николаева. Большую часть площади занимают хребты Заилийский, Кетменьский, Кеминский, Таласский, Киргизский, Терской и Кунгей Алатау и Суусамыр, на долю межгорных впадин приходится около трети территории – Илийская, Чуйская, Таласская, Иссык-Кульская и др.

Провинция отличается высокой сейсмической активностью. На ее территории расположены две весьма активные сейсмогенерирующие зоны; Северо-Тянь-Шанская и Южно-Иссык-Кульская. Первая протягивается в субширотном явлении от западной части Киргизского хребта до восточных границ республики, а вторая зона - вдоль северного склона Терской Ала-Тау до южного

склона восточной части Киргизского хребта. С первой сейсмогенерирующей зоной связаны все наиболее сильные и катастрофические землетрясения ($M > 8$) в ТШС. Вместе с тем, данная провинция характеризуется весьма широким развитием боминерализованных азотных терм в гидрогеологических массивах, приуроченных к трещинно-жильным водонапорным системам в кислых изверженных породах - гранитах и гранодиоритах. Характерной особенностью этих терм являются радиоактивность с концентрацией радона в ряде месторождений (более 150 эман) и повышенное содержание фтора (до 16 мг/л) и кремневой кислоты, а также радиогенных газов He , Ar и H_2 . Весьма характерно, что эти воды отличаются удивительным постоянством режима расхода и температуры в течение года и многолетнего периода и, наконец, имеют весьма низкую минерализацию. ТМВ этой группы формируются в жестких труднорастворимых интрузивах и метаморфических породах, что определило их незначительную минерализацию (до 1 г/л) и простой химический состав. Все они щелочные с анионами сульфата и хлора.

Примерами трещинно-жильных месторождений термоминеральных вод в иитоидных массивах являются Алма-Арасан, Горельник, Тау-Тургень, Аламедин, Иссык-Ата, Ак-Су, Чон-Кзыл-Су и многие др., размещенные в Киргизском, Эгейском, Заилийском и Джунгарском хребтах.

Примером пластово-трещинного типа месторождений ТМВ в осадочных породах в эпикаледонских прогибах являются месторождения Нижняя Каменка, Пригородное и др. в Илийской впадине и Долинка и Чолпон-Атинские порождения в Иссык-Кульской впадине в песчаниках и конгломератах неогена, вскрыто 12 водоносных горизонтов с весьма пестрыми по химическому составу водами (хлоридно-сульфатные, натриево-кальциевые, хлоридно-натриевые, гидрокарбонатно-сульфатные). Температура ТМВ в пластовых месторождениях на забое скважин (в палеозойских породах) на глубине 2730 м составляла 50-53 °C.

Провинция азотных термальных и углекислых (смешанных) вод в герцинидах глинного и Южного Тянь-Шаня занимает большую площадь, захватывая на севере Терской Ала-Тоо, Суусамырский и Таласский хребты, на юге оконтуривается ютами Туркестано-Алая и горами Атбashi-Кокшаальской системы. В геохимическом отно-

шении провинцию можно разделить на две подпровинции: Чаткало-Туркестано-Алайскую (горное обрамление Ферганской впадины) и Атбashi-Кокшаальскую. Первая отличается доминирующим развитием азотных терм, а вторая - азотно-углекислых. В восточной части провинции (Атбашинской, Сонкульский, Алабуга-Нарынский артезианские бассейны, а также гидрогеологические массивы северо-восточной части Внутреннего Тянь-Шаня) развиты группы минеральных источников, в основном, холодных вод выщелачивающих карбонатных пород.

Из многочисленных выходов азотных термальных вод в Южном Тянь-Шане характерными можно считать Сары-Джазские и Алабуга-Нарынский источник, которые отличаются повышенной температурой (34° - в Алабуга-Нарыне, 50° - Сары-Джазе), незначительной минерализацией 0,9 и 1,4 г/л соответственно сульфатно-натриевым, хлоридно-сульфатно-натриевым составом с повышенным содержанием кремневой кислоты.

Примером выхода азотных терм в Туркестано-Алае является Гульчинское месторождение гидрокарбонатно-сульфатных кальциево-магниевых вод температурой выше 30 °C и минерализацией 0,5 г/л. Специфическим компонентом гульчинских вод является свободный углекислый газ.

Фергано-Аксайская провинция холодных углекислых вод в географическом отношении занимает юго-восточные отроги Ферганского хребта, район высокогорного озера Чатыр-Куль (3600 м), долину Аксай и ее горное обрамление.

В структурном отношении провинция расположена в пределах Южного Тянь-Шаня, в области распространения Фергано-Кокшаальской структурно-фацальной зоны. В ее строении участвуют раннегерцинские, среднегерцинские и позднегерцинские складчатые зоны, сложенные палеозойскими образованиями: песчаниками, сланцами, известняками силура и девона, карбонатными терригенными и вулканогенными породами карбона, осадочными и вулканогенно-осадочными пестроцветными отложениями перми. Широко развиты юрские меловые континентальные и морские отложения (мергели, глины, песчаники, алевролиты, известняки). Палеоген представлен морскими осадками, а неоген континентальными отложениями красноцветной свитой. Гидрогеологические массивы сложены вышеупомянутыми осадочными породами.

В пределах провинции размещены Яссы-Каракульджинский и Чатыр-Куль Аксайский артезианские бассейны и ряд гидрогеологических массивов минерализованными водами в пределах горных хребтов Кокшааль-Тау (Чатыр-Кульские, Услекские, Кольсу), Ферганского хребта (Конур-Тюбе, Кара-Куль. Кулун, Суек, Каракол, Шильбели и многие другие). Большинство источников расположены в труднодоступных районах и поэтому слабо изучены. Все углекислые воды этого региона являются аналогами вод Боржоми, Арзни, Ессентуки.

Для Аксайской зоны провинции углекислых вод наиболее типично Чатыр-Кульское месторождение, которое связано с тектоническим нарушением в юном борту одноименной впадины.

Территория Фергано-Аксайской провинции в целом характеризуется слабой сейсмической активностью.

Провинция застойных азотно-метановых термальных вод окраин Ферганской впадины охватывает юго-западную часть Киргизии и расположена в бассейнах нижнего течения рек Нарын, Майлису, Кугарт и Карадарья.

В структурном отношении регион представляет собой окраинные части Ферганского артезианского бассейна, ограниченный с северо-востока и востока отрогами Чаткальского и Ферганского хребтов. В геологическом строении принимают участие меловые палеогеновые и четвертичные отложения. В целом они слагают в синклинальную структуру, представляющую собой «а» артезианские бассейны, в которых вскрываются разнообразные по минерализации и химическому составу пластовые азотно-метановые ТМВ, что говорит о застое в малых артезианских бассейнах, а также об интенсивном выщелачивании соленосных водовмещающих пластов.

Геохимические особенности азотно-метановых застоеных вод приферганской части бассейна могут быть охарактеризованы на примере ряда типичных месторождений, как Майли-Сайское месторождение сероводородно-углекислых вод. Минеральные воды, изливающиеся из скважин, приурочены к тектоническому разлому, проходящему вдоль оси Майли-Сайской антиклинали. Общий дебит скважин более 2 л/с. Температура воды - 19-22 °C, по химическому составу воды хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые. Минерализация 6,4 - 13,2 г/л.

Территория рассматриваемой провинции в целом характеризуется высокой сейсмической активностью. На ее площади в виде полумесяца проходят две сейсмогенерирующие зоны: Фергано-Атойнокская на севере и Южно-Ферганская на юге, характеризующиеся 9-балльной интенсивностью. На площади развития застоеных азотно-метановых вод в горном обрамлении Ферганы они могут быть изучены в прогностических целях на двух региональных сейсмогеохимических полигонах: Южно-Ферганском и Чаткальском.

Алайская провинция минерализованных вод занимает крайнюю юго-западную часть Киргизии. Это высокоподнятая (около 3000 м) Алайская долина и горное обрамление. На юге граница провинции проходит по северному склону Заалайского хребта с абсолютными отметками до 7134 м.

Рассматриваемая территория, будучи крупной структурой сочленения, на стыке мира и Южного Тянь-Шаня, характеризуется чрезвычайно высокой сейсмической активностью. Здесь на севере проходят Южно-Тянь-Шанская и на юге - Дарваз-Каракульская сейсмогенерирующие зоны, для которых определена вероятность возникновения очагов землетрясений с магнитудой 7. По мнению А.А. Никонова, И.Е. Губина, здесь происходит миграция очагов сильных землетрясений и возможно проявление в будущем более сильных толчков (типа Алайского землетрясения 1978 г.).

В Алайскую провинцию минерализованных вод входит одноименный артезианский бассейн трехэтажного строения. Минерализованные воды источников приурочены к ледниковым верхнечетвертичным отложениям и характеризуются преимущественно сульфатно-гидрокарбонатным натриево-кальциевым составом с минерализацией 0,1-1,1 г/л и температурой воды 4-7°C. Воды источников в мелевых отложениях - от слабосоленных сульфатных натриево-кальциевых до насыщенных хлоридно-натриевых с температурой 10°C и минерализацией до 332 г/л.

Примером хлоридных рассолов является месторождение Чон-Алай в мелевых отложениях в средней части долины р. Туз.

Источники с повышенным содержанием радиона (57-118 эман) наблюдаются в пределах южных отрогов Алайского хребта, в палеозойских отложениях.

В пределах Алайского хребта термальные воды развиты в палеозойских породах [5]. Так,

субтермальный источник Карасу на южном склоне хр. Текелик в известняках карбона с расходом около 0,5 л/с, с температурой воды - 28 °C имеет генерализацию 1,7 г/л. Вода гидрокарбонатного кальциевого состава.

Алайский сейсмогеохимический полигон за-служивает самого серьезного внимания, т.к. чрезвычайно интересен в отношении сейсмической активности, играет важную роль в трансформации глубокофокусных Гиндукуш-Памирских землетрясений.

Ценность ТМВ в аспекте сейсмопрогностической информации заключается в том, что они формировались в глубинных сейсмогенерирующих разломных зонах, где локализованы очаги сильных землетрясений, при участии подтока первичных ювенильных вод непосредственно в областях генерации высокой сейсмической активности. В этой связи следует подчеркнуть, что карта сейсмогеохимического районирования оказалась обширным источником информации для поиска наиболее информативных гидрогеологических структур и районов развития современных гидротермальных систем и интенсивных газовых эманаций.

Сравнительный анализ сейсмопрогностической информативности различных гидрогеохимических типов термальных вод показывает, что наиболее благоприятными объектами для наблюдения за геохимическими предвестниками землетрясений являются трещинно-жильные водо-напорные системы гидрогеологических массивов с термальными водами глубокой циркуляции. Это прежде всего щелочные, азотные термы в зонах развития глубинных разломов. Последние представляют собой относительно хорошо проникаемые участки земной коры, т.к. именно такими, «живущими» тектоническими нарушениями контролируются пути движения глубинных флюидов к поверхности земной коры. Поэтому, естественно полагать, что любая тектоническая активизация таких структур земной коры приводит к изменению их проникаемости и, как следствие, к нарушению ГГХ и ГТД режима ТМВ, т.е. к возникновению флюидных предвестников готовящегося землетрясения.

Азотно-метановые ТМВ развиты, в основном, в артезианских бассейнах межгорных впадин. Они, подобно азотным термам, характеризуются сравнительно низкой общей минерализацией и

незначительным газовым составом, удивительным постоянством динамических параметров. Поэтому, такие воды также являются весьма благоприятными для постановки режимных наблюдений.

Рассмотрим геологические аспекты функционирования современны гидротермальных систем (ГТС). Тектонические нарушения различного ранга мелких раскрытых трещин до крупных разломов) гидравлически взаимосвязаны друг с другом. В цепочке этой связи выделяются три зоны - питания, транзита, разгрузки. Первая и третья зоны непосредственно контактирует с дневной поверхностью, причем питание происходит на более высоком гипсометрическом уровне чем разгрузка, что обеспечивает гидростатическое давление во всей системе. Сезонные (зимние) перерывы в питании краткосрочны, ощущимо не сказываются на режиме разгрузки гидротерм за счет большой емкости системы. Зона питания гидротермальной системы включает в себя сеть разрывных нарушений различного масштаба, суммарная протяженность которых исчисляется десятками - сотнями км. Зона транзита представляет собой магистральные части активных разлома играющих роль сдвиговых швов. Транзитная зона по ширине соответствует зоне интенсивного дробления горных пород, которая образуется при подвижках. В этой зоне термальная вода приобретает повышенную температуру и специфический химический состав и превращается в ТМВ. Мелкие разрывы и крупные трещины - это вся система трещиноватости. Пространственно зона транзита охватывает горизонты магистральных частей разрывов, составляющих десятки и сотни км., где по оценкам время водообмена и скорость перемещения воды составляет 0.8 - 8 м/год. После движения по магистральным частям разломов термы поступают в область разгрузки. Здесь возникновение самоизливающихся горячих источников обязано только мелким разрывам и крупным трещинам, которые, будучи структуре и гидравлически связаны с магистральными частями лучше сохраняют напор, чем в широких и магистральных частях разломов, и они почти не смешиваются холодными поверхностными водами. Таким образом, зонами разгрузки служат не магистральные части крупных разломов, а их локальные разрывные элементы периферийных зон, являющиеся структурами растяжения.

Выходы терм часто приурочены к зонам пересечения двух или нескольких разрывов. Разгрузка терм на поверхности земли в целом является результатом взаимодействия нескольких факторов: гидростатического давления в данной гидротермальной системе, давления вышележащих толщ пород, газо -и термолифта. Поэтому, современные гидротермы представляют собой весьма чувствительную гидравлическую систему, отражающую быстрые перестройки в геодинамике недр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев А.У. Сейсмогеохимическое районирование Киргизии в целях прогнозирования землетрясений //

Гидрогеохимические и гидродинамические исследования на прогностических полигонах Киргизии. Фрунзе: Илим, 1988. С. 6-26.

2. Юдахин Ф.Н. Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1983. С. 248.

3. Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 292.

4. Барабанов Л.Н., Дислер В.Н. Азотные термы СССР. М., 1960. С. 119.

5. Калмурзаев К.Е., Абдуллаев А.У., Орлова Н.Н. Сейсмичность Памиро-Алая и вопросы организации сейсмо-геохимических прогностических исследований в Алайской долине (Южный Тянь-Шань). М.: Деп. ВИНИТИ, №7947. В. 86. С. 9.

«Центр астрофизических исследований»
Национального космического
агентства РК

Поступила 3.01.08г.