

III. ТЕКТОНИКА УЗОНСКО-ГЕЙЗЕРНОЙ ДЕПРЕССИИ

Узонско-Гейзерная вулканотектоническая депрессия представляет собой опущенный блок общего северо-западного простирания - кальдеру обрушения, ограниченную кольцевым разломом. В современном рельефе разлом выражен уступом. Видимая амплитуда смещения по разлому 300-400 м. По геофизическим данным, она вдвое больше. Современный уступ борта депрессии в результате вторичных обвальноподолзневых процессов отодвинут от кольцевого разлома на 0,5-2 км. Примером несовпадения современного уступа борта депрессии и ограничивающего кольцевого разлома является район Долины Гейзеров. Здесь положение кольцевого разлома фиксируется долиной р. Гейзерной, выходами термальных источников и гейзеров; современный уступ кальдеры отодвинут на 2 км к востоку, благодаря обрушению крупного блока, захороненного под более поздними озерными осадками (рис. 8).

Сместитель, по геофизическим данным, имеет падение, близкое к вертикальному, или круто наклонен внутрь депрессии. Сбросовый уступ хорошо прослеживается (кроме района сопки Открытой и юго-западной части депрессии), что связано с наложением на кольцевую структуру более молодых грабенов северо-восточного простирания, в пределах которых породы борта депрессии опущены и погребены.

Узонско-Гейзерная депрессия имеет четко наложенный характер. Сбросовый уступ срезает различные по возрасту, генезису и составу образования: ранне- и среднелайстоценовые вулканические базальтовые плато и центры кислого вулканизма того же времени, среднелайстоценовые базальтовые стратовулканы (Узон), средне-верхнелайстоценовые экстрезивные купола (гора Озерная). Депрессия состоит из двух смещенных в плане друг относительно друга частей, которые часто описываются под самостоятельными названиями: северо-западная часть как кальдера Узон, юго-восточная - как Гейзерная кальдера. Величина смещения 3-5 км. Обе части Узонско-Гейзерной депрессии имеют форму эллипсов, длинная ось которых вытянута на северо-запад. История развития вулканизма и строение участков различны.

Юго-восточная часть депрессии наследует положение докальдерного центра кислого вулканизма. Котловина депрессии здесь полностью заполнена отложениями посткальдерного комплекса. Около 75% ее площади занята экстрезивными куполами. Наблюдается полное совпадение абсолютных отметок вершин куполов и связанных с ними лавовых потоков с вершинной поверхностью плато, образованного докальдерным комплексом борта депрессии.

Разлом обрамления кальдеры на этом участке, возможно, наследует положение дугового разлома, существовавшего в теле кислого стратовулкана докальдерного комплекса. В нижнем течении р. Гейзерной вдоль него расположена серия экстрезивных куполов дацит-липаритового состава, оборванных сбросом.

По гравиметрическим данным, однотипные по составу экстрезивии, заполняющие внутреннюю часть депрессии, характеризуются различными полями силы тяжести. Эти различия, по-видимому, связаны с высотой кровли и составом блоков фундамента, разделяющие их градиентные зоны, отвечают разломам, перекрытым лавами и осадками отложений посткальдерного комплекса.

Западная часть Гейзерной кальдеры характеризуется отрицательным полем силы тяжести, которое в районе сопки Открытой ограничивается разломом широтного простирания, выраженным зоной повышенных градиентов. За пределами кальдеры, к северу от этого разлома, поле силы тяжести становится положительным.

Северо-западная часть Узонско-Гейзерной кольцевой депрессии (кальдера Узон) имеет иное строение и физические характеристики. В этой части депрессия носит четко наложенный характер - фундаментом, выполняющих её отложений, служат базальтовые лавы докальдерного щитообразного вулкана. Большая часть кальдеры заполнена озерными отложениями. Экстрезивные купола здесь единичны. Характерно, что уровень абсолютных отметок озерных отложений в кальдере Узон намного ниже борта депрессии. Разлом восточного ограничения Узонской депрессии срезает край Гейзерной кальдеры, что свидетельствует о ее более молодом возрасте.

В восточной части кальдеры Узон, по гравиметрическим данным, выделяется ряд разновысоких блоков фундамента. Разграничивающие их разломы широтного и северо-западного простираний фиксируются зонами повышенных градиентов поля силы тяжести (рис. 17, 18).

В северо-западной части кальдеры Узон дно осложнено более молодой воронкой взрыва размером 4-5 км. Она заполнена молодыми отложениями последнего, III Узонского озера. В ее пределах сосредоточена основная современная гидротермальная деятельность. Воронка фиксируется четко выраженным гравитационным минимумом. С севера и северо-запада он ограничен участками повышенных значений аномального поля силы тяжести, соответствующих гребню кальдеры. На юге локальный максимум отражает положение перекрытого блока докальдерных образований. На востоке ограничение минимума четко фиксируется зонами высоких градиентов, которые отражают положение разломов и прекрасно увязываются с границами воронки взрыва, нанесенными по геоморфологическим данным.

Гравитационный минимум имеет почти изометричную в плане форму и значительную амплитуду. Перерасчет значения аномальной массы, вычисленной по формуле Грина, с учетом небесконечности пределов интегрирования по палеткам в предположении о нулевой глубине залегания верхней кромки аномального объекта (Fehr, 1965), дает дефект масс, создающий рассматриваемую аномалию, равный $3,2 \cdot 10^{15}$ г. Расчет глубины залегания центра тяжести объекта по Фоймуде Н. Л. Афанасьева (Андреев,

Клупшн, 1962) дает величину 1,3 км. Поскольку при горизонтальных размерах тела, превышающих вертикальные, способ Н. Л. Афанасьева занижает положение искомой точки, можно считать, что определяемая глубина центра тяжести тела не превышает 1 км. Небольшая по сравнению с диаметром (6 км) глубина центра тяжести и форма графика и позволяют предположить, что гравитационный минимум вызван воронкообразной депрессией, заполненной материалом пониженной плотности (на это указывали результаты вычисления величины плотности промежуточного слоя). Для проверки высказанного предположения рассчитана аномалия на оси перевернутого конуса, которым можно приближенно заменить репрессию. При радиусе $\rho = 3$ км, высоте конуса $h = 2$ км, образующей $H = 3,6$ км, избыточной плотности $\Delta\Sigma = 0,2$ г/см формула

$$\Delta g = 2\pi f \Delta \sigma \frac{h\rho}{H^2} + \left[h + \rho + \frac{h\rho}{H} \ln \frac{(H+h)}{\rho(H-h)} \right]$$

дает величину, равную наблюдаемой аномалии. Объем такого конуса составляет 18 км^3 . Полученный при этом расчете дефект масс $3,6 \cdot 10^{15}$ г хорошо совпадает с результатом расчета по формуле Грина.

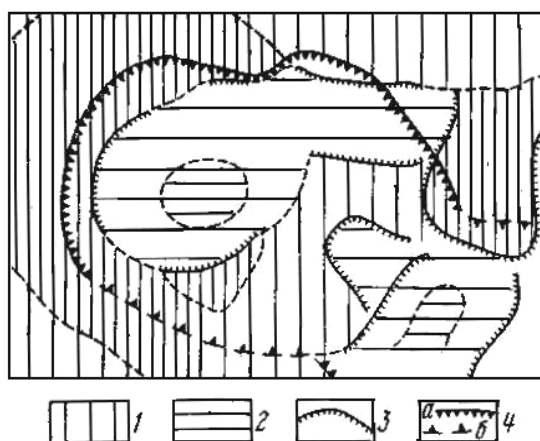


Рис. 17. Схема аномального поля силы тяжести Узонско-Гейзерной депрессии

1-зоны положительных значений аномального поля; 2-зоны отрицательных значений аномального поля; 3-зоны повышенных градиентов; 4-кольцевые разломы ограничения кальдеры (а - установленные, б - предполагаемые). Сгущение штриховки соответствует увеличению интенсивности поля



Рис. 18. Схема магнитного поля ΔT_a Узонско-Гейзерной депрессии. По Л. А. Ривошу

1-зоны положительных значений аномального поля; 2-зоны отрицательных значений аномального поля; 3-кольцевые разломы ограничения кальдеры (а-установленные, б-предполагаемые). Сгущение штриховки соответствует увеличению интенсивности поля

Анализируя геологические и геофизические материалы, можно высказать предположение о том, что рассмотренная воронка имеет взрывной генезис с небольшим последующим обрушением и наложена на уже существовавшую кольцевую структуру. Образованная таким образом депрессия была выполнена отложениями пониженной плотности - раздробленными породами взломаного дна депрессии, пемзами и озерными осадками, что и объясняет наличие четкого гравиметрического минимума. Энергия образования такой воронки при глубине заложения взрыва 2 км 10^{25} - 10^{26} эрг (Штейнберг, 1960). Эксплозивная деятельность сопровождалась небольшим последующим проседанием.

Наилучшим образом ограничивающий воронку сбросовый уступ амплитудой 20-100 м читается у подножия горы Узон и у сопки Белой. На отдельных участках он нанесен предположительно. Проявления посткальдерного этапа вулканизма в кальдере Узон представлены экструзивным куполом горы Белой и базальтовым мааром оз. Дальнего. В северной части кальдеры расположено Узонское поле проявления современной гидротермальной деятельности.

Границей, вдоль которой фиксируется смещение в плане двух описанных частей Узонско-Гейзерной депрессии, являются две системы широтных разломов. Одна проходит к верховьям р. Гейзерной, вторая обрывает с севера плато Широкое в западной его части. В обоих случаях они располагаются на границе полей развития кислых и основных лав докальдерного комплекса. На северном разломе этой системы расположен пемзовый конус сопки Открытой, шлейф отложения которого скрывает разломный уступ рельефа на этом участке. Таким образом устанавливается большая длительность жизни системы широтных разломов - они сформировались в докальдерное время и продолжали существовать вплоть до последних стадий развития вулканизма посткальдерного комплекса. Видимые значительные горизонтальные смещения вдоль систем широтных разломов не фиксируются. Они практически не протягиваются за пределы границ вулканотектонической депрессии. Каждый из разломов этой системы (северный с запада, южный с востока) смыкается с разломом обрамления депрессии и также выражен в рельефе сбросовым уступом, амплитуда вертикального перемещения вдоль которого составляет первые сотни метров. Противоположные окончания обоих разломов этой системы оборваны сбросами, секущими борт депрессии и протягивающимися на десятки километров за ее пределами.

Борт депрессии к западу от плато Широкого разорван узким (4 км) секущим грабеном. Он протягивается на юг от Узонско-Гейзерной депрессии к северной части Семячинской вулканотектонической структуры. Грабен образован системой смыкающихся участков северо-восточного и меридионального простираний, в результате чего имеет общую коленчатую форму. Амплитуда сбросового обрамления составляет 150-200 м. Он заполнен рыхлыми отложениями и посткальдерной пирокластикой. Наложение грабена на борт Узонско-Гейзерной депрессии обусловило образование на этом участке секторного обрушения, видимая амплитуда вертикального опускания в пределах которого составляет 350 м. Меридиональные разломы обрамления грабена в виде трещин и мало амплитудных сбросов продолжают в западной части Узонской кальдеры в верховьях р. Гейзерной, борт депрессии разорван системой сбросов северо-восточного простирания, обусловивших клавишное перемещение отдельных блоков на этом участке. Амплитуда вертикальных подвижек отдельных «клавиш» относительно друг друга составляет 10-35 м. Образующие эту систему сбросы протягиваются к южной части кальдеры Крашенинникова, где с ними связаны шлаковые конуса Южной рифтовой зоны. Отмечается общее опускание западного крыла этой системы при стабильном положении восточного.

Важно отметить наличие концентрической относительно Узонско-Гейзерной вулканотектонической депрессии системы разломов и трещин. Элементом ее является описанная выше дуга экструзивных куполов и связанных с ними потоков, следующая вдоль борта депрессии по левобережью р. Гейзерной и оборванная разломом ее обрамления. Трещины и малоамплитудные сбросы концентрической системы широкой дугой обрамляют депрессию с юга и юго-запада. Широтное простирание, которое характерно для них в районе Пятой Речки и руч. Безмянного, постепенно изменяется до северо-западного у урочища Синий дол. Разломы и трещины этой системы определяют конфигурацию рек и ручьев, а также вытянутость озер. Амплитуда смещения по ним невелика - она не превышает первых десятков метров. Тем не менее, характерно то, что они контролируют распределение вулканических центров на обрамлении Узонско-Гейзерной депрессии - на широтных участках трещин в восточной части этой системы в районе р. Шумной располагаются мелкие шлаковые конуса базальтов, а на северо-западных участках в районе урочища Синий дол с ними связаны мелкие одноактные андезитовые вулканы; на северном окончании трещин этой системы расположен крупный андезитовый вулкан Тауншиц. Это показывает, что, несмотря на малую амплитуду, разломы и трещины имеют достаточно глубокое заложение. Приуроченность концентрической системы разломов и трещин к Гейзерной кальдере, перекрытие на отдельных участках связанных с ней разломов и трещин моренами и молодой посткальдерной пирокластикой свидетельствует о том, что образование ее связано с существовавшим здесь в докальдерное время крупным центром кислого вулканизма.

Проявление древней гидротермальной деятельности, представленное зонами гидротермально-измененных пород, и участки развития современных гидротерм четко контролируются системами трещин, пересекающих внутреннюю часть Узонско-Гейзерной структуры. Основную роль играет широтная система трещин и мало амплитудных сбросов, протягивающаяся от сопки Узон к горе Белой и далее между экструзивными горами Останец и сопки Гейзерной. В восточной части она совпадает с градиентной зоной силы тяжести, фиксирующей разлом фундамента Гейзерной кальдеры. По данным Г. Ф. Пилипенко, вдоль этой системы трещин расположена подавляющая часть известных в настоящее время зон гидротермальных изменений различного типа. На востоке она рассекает борт депрессии. Здесь вдоль нее располагается серия мелких экструзий, ответвляющихся от дугообразной системы куполов, обрамляющих борт депрессии по левобережью р. Гейзерной. Пересекают борт депрессии также зоны гидротермально-измененных пород, протягивающиеся широкой полосой к сопке Желтой и южному склону массива Кихпиныча. Проявления современной гидротермальной деятельности сконцентрированы на трех участках.

Первый участок - это многочисленные проявления современных гидротерм в кальдере Узон. Они группируются к северу от основной широтной зоны и связаны с системами трещин северо-западного простирания. Эти трещины отчетливо дешифруются на аэрофотоснимках. У сопки Красной и вулкана Узон они пересекают борт кальдеры. Вдоль них отмечается горизонтальное перемещение уступа, фиксирующего разлом обрамления депрессии. Величина горизонтального смещения верхней бровки уступа в плане составляет 100-150 м. Прямолинейность контролирующей гидротермы трещин северо-западного простирания позволяет говорить о вертикальности их сместителя. Горизонтальные перемещения борта депрессии на участках пересечения его разломами этой системы свидетельствуют о наличии у последних значительной сдвиговой компоненты. Все разломы и трещины северо-западного простирания примыкают к основному широтному разлому и далее на юго-восток не прослеживаются. Это трещины оперения основной зоны широтного разлома. Дополнительную сложность в размещении полей проявлений современной гидротермальной активности вносят малоамплитудные разломы и трещины северо-восточного простирания, обусловившие кулисообразное смещение выводящих гидротермы трещин северо-западного простирания. Положение на линиях северо-западных нарушений разновозрастных вулканических центров (докальдерный базальтовый вулкан Узон и воронка оз. Дальнего) свидетельствует о том, что эта система нарушений заложилась на докальдерном этапе развития структуры и продолжает активно существовать до настоящего времени.

Второй участок расположен в восточной части основной широтной зоны гидротермально-измененных пород (вне Узонско-Гейзерной депрессии к югу от вулкана Кихпиныч). Здесь отмечается интенсивное выделение сернистых газов. Резкий запах сероводорода отчетливо чувствуется в долинах ручьев к северу от сопки Желтой. Участки современной газо-гидротермальной деятельности располагаются на концах основной Широтной зоны нарушений.

Третий участок локализуется вдоль кольцевого разлома обрамления депрессии от среднего течения р. Гейзерной до устья (Долина Гейзеров). На этом участке сконцентрированы все гейзеры и значительная часть горячих источников. Здесь все проявления современных гидротерм располагаются к югу от основного широтного разлома, пересекающего депрессию и контролирующего основную зону развития гидротермально-измененных пород. Видимо, появление здесь гидротерм связано с дренированием основной подводящей гидротермы широтной зоны разломом обрамления депрессии на участке, соответствующем Долине Гейзеров. Зональность химизма вод Узонского поля гидротерм и района Долины Гейзеров, а также типы гидротермальных изменений подтверждают это предположение. Гипотеза о таком дренировании хорошо объясняет также отсутствие современных гидротерм на прилегающем значительном участке основной широтной зоны разлома.